

リアルオプションと 戦略

December 2022

Vol. 12 No. 2

 日本リアルオプション学会
The Japan Association of Real Options and Strategy
<http://realopn.jp>

特集 JAROS 2020, 2021 研究発表大会 記念号

巻頭言

将来についての分析、過去についての分析の有用性と限界 [小田 潤一郎] ——— 1

大会 JAROS 2020

講演要旨

パンデミックリスクマネジメント：パンデミックボンド等の事例紹介 [伊藤 晴祥] —— 2

感染症のパンデミックをいかに制御するか [澤木 勝茂・佐藤 公俊] ——— 9

SEIRモデルを用いた感染シミュレーションと経済影響の評価 [井上 剛] ——— 15

ポストコロナ時代にPropTech がもたらす成長戦略 [武藤 英明] —— 18

当社におけるコロナ禍での取り組み [森中 一郎] —— 26

ソーシャル・ディスタンスと拡散事象のネットワーク分析 [高森 寛] —— 30
～Social Network Analysis と拡散過程～

投資戦略の数理モデル—リアルオプションの基礎 [後藤 允] —— 37

JAROS2020大会レポート [小田 潤一郎] —— 43

大会 JAROS 2021

講演要旨

独自成長と選択肢価値化の戦略実務 [宮口 直也] —— 46

JAROS2021大会レポート [小田 潤一郎] —— 51

編集後記

第12巻 第2号

目次

巻頭言

将来についての分析、過去についての分析の有用性と限界	小田 潤一郎	1
----------------------------------	--------	---

特集: 日本リアルオプション学会 2020年研究発表大会

〈シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」講演要旨〉

パンデミックリスクマネジメント: パンデミックボンド等の事例紹介	伊藤 晴祥	2
--	-------	---

感染症のパンデミックをいかに制御するか	澤木 勝茂・佐藤 公俊	9
---------------------------	-------------	---

SEIRモデルを用いた感染シミュレーションと経済影響の評価	井上 剛	15
-------------------------------------	------	----

ポストコロナ時代にPropTech がもたらす成長戦略	武藤 英明	18
-----------------------------------	-------	----

当社におけるコロナ禍での取り組み	森中 一郎	26
------------------------	-------	----

ソーシャル・ディスタンスと拡散事象のネットワーク分析	高森 寛	30
～Social Network Analysis と拡散過程～		

〈チュートリアルセッション要旨〉

投資戦略の数理モデル—リアルオプションの基礎	後藤 允	37
------------------------------	------	----

〈大会ルポ〉

JAROS2020大会ルポ	小田 潤一郎	43
---------------------	--------	----

特集: 日本リアルオプション学会 2021年研究発表大会

〈基調講演〉

独自成長と選択肢価値化の戦略実務	宮口 直也	46
------------------------	-------	----

〈大会ルポ〉

JAROS2021大会ルポ	小田 潤一郎	51
---------------------	--------	----

〈学会ニュース〉

学会だより	53
-------------	----

日本リアルオプション学会法人会員リスト	53
---------------------------	----

編集後記	53
------------	----

巻頭言

将来についての分析、過去についての分析の有用性と限界

小田潤一郎

(秋田大学大学院国際資源学研究科准教授)

私が最近感じている 2 つの問題意識をこの場をかりてご紹介したい。

1 つ目の問題意識は、将来分析の有用性とその限界である。将来に関する何らかの分析のことを、ここでは単に将来分析と呼ぼう。私は、2019 年秋に「次の 5 年 (2020 年～2024 年) は、次の 1.～3. のようになるに違いない」という予想・展望を持っていた。

1. 航空需要、つまりジェット燃料の需要は今後も年 3% で成長し続ける
2. 欧州はアジアと比べ、エネルギー安全保障上の懸念は少なく、相対的に安定的かつ頑健である
3. 米中対立はあるものの、いわゆるグローバル化の流れが継続する

これら 1.～3. は何れも的外れであった。将来は不確実に満ちていることが、頭では分かっているつもりであった。確率が不明、さらには事象を特定できない、いわゆるフランク・ナイトの不確実性に将来は満ちている。

他方、自らの専門分野に近くても、説明がより平易となるよう、同時に自らの認知作業を節約するため、多くの諸前提やシナリオに依存している。いや、依存せざるを得ない。リアルオプション分析を行う際も、影響の大きいごく少数の不確実性項目に着目するのが慣例である。これに批判はできても、定量分析を自らの手で行って見本となる結果を示すことは分析の負担が大きい。

将来分析は「今、我々がどのような政策をとると良さそうか」という議論の土台となるという意味で有用性が高い。例えば、温暖化対策は将来分析がなければ、「〇〇さんの勘」に直接依存することとなる。その一方、将来分析は多くの諸前提やシナリオに依存しており、限界も同時に存在する。2020 年に最大化したコロナ禍、2022 年に起きたロシアの対ウクライナ軍事侵攻はその限界を示す事例となった。

以上の通り、1 つ目の問題意識は将来分析の有用性とその限界であり、我々はこの両者を同視野に入れる必要がある。あなたは、例えば地球温暖化に関する

将来分析の有用性と限界を何対何でとらえますか？ 7 対 3？それとも 3 対 7？

2 つ目の問題意識は、過去についての要因分析の有用性とその限界である。「過去、このような事象、因果関係、構造が存在していた」ということを明らかにする分析を、ここでは単に要因分析と呼ぼう。

過去を変えることはできないが、過去のことを調べれば調べるほど不明点・疑問点が増えることは、皆さんが経験していることだと思う。過去を詳細に調べ因果関係を明らかにし、将来も変わらず存在するであろう「頑健な構造」を見出せるかがポイントになる。

要因分析は、将来分析と比べ相対的に恣意性が少なく、分析自体には説得力がある場合が多い。他方、要因分析の限界の 1 つ目は、過去の構造が将来も存在し続けるか分からないことである。要因分析の限界の 2 つ目は「過去から引き継いできた構造を変革すべき」という規範的立場と相いれないことである。これは要因分析が実証的であるため、避けて通れない。

例えば、温暖化対策に関する構造に着目すると次の通りとなる。CO₂ 排出削減の負担は当事者・当事国が背負うが、それによる気温上昇抑制の便益は将来世代の世界全体に薄く広まる。つまり、ゲーム理論で言う「共有地の悲劇」が起きやすい構造にある。これまで各国政府は少なくとも表向きは（共有地の悲劇を避けるため、国益を犠牲にしても）温暖化対策に真剣に取り組む姿勢をアピールしてきた。2020 年にカーボンニュートラル宣言が相次いだのは、そのアピールの最たるものである。ただし、ロシアの軍事侵攻は国益優先というリアリティを我々につきつけている。

温暖化についての要因分析の有用性とその限界について、これまで規範的立場が強力であり、有用性と限界の比率を 0 対 10 ととらえる見方も広まった。そこで私から提案です。2 対 8 にてとらえませんか？

<JAROS2020 研究発表大会シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」
セッション 1: 感染症モデルセッション 講演要旨>

パンデミックリスクマネジメント: パンデミック債券等の事例紹介

伊藤 晴祥

(青山学院大学大学院国際マネジメント研究科 准教授)

1. パンデミックリスクマネジメントとは

本講演では、パンデミックリスクにどう立ち向かうかというシンポジウムのテーマの下、どのようにパンデミックリスクをヘッジするかについてパンデミック債券等の具体的な事例をあげて議論する。

まず、パンデミック (Pandemic) とは、全世界的な流行のことを意味する¹。類似した用語としてエピソード (Epidemic)、アウトブレイク (Outbreak) やエンデミック (Endemic) がある。エピソードは流行を意味し、病気の発生が通常よりも明らかに多い状態、アウトブレイクは、感染症が突発的には発生する事あるいは集団発生をすること、エンデミックは、特敵の地域等で、普段から継続的に病気が発生する事、風土病、あるいは地方病を示す。

パンデミックリスクとは、世界的大流行の発生に関する不確実性と定義し、さらに、その様なパンデミックリスクを管理し、パンデミックの発生確率を減少したり、発生した場合の損失を減少させたりする等の施策をパンデミックリスクマネジメントと定義し、議論を進める。

リスクマネジメントは、リスクコントロール、リスクファイナンス、組織内でのリスク削減に大別できる (Harrington and Niehaus 2004)。リスクコントロールは、社会的距離を取るあるいはワクチンを利用する等の損失防止や損失削減に分類できる。リスクファイナンスは、特段対策を講じないリスクの保有、保険の利用、リスクヘッジ、契約等によるリスク移転に分類できる。組織内でのリスク削減は、パンデミックリスクの影響が高い事業と低い事業の両方へ投資をする分散やパンデミックリスクに関する情報への投資に分類できる。

本講演では特に、金融市場を利用したヘッジ手段であるパンデミック債券やリスク移転手法である

相互支援プログラム等のリスクファイナンス、及び老舗企業の経営に焦点をあて議論する。

2. 金融市場を利用したリスクファイナンス

金融市場を活用したリスクファイナンス手法として、パンデミック債券や CAT ボンド等を発行する、永久債を発行する、金を購入する等の手法が考えられる。これらの有効性について議論する。

2.1 世界銀行が発行したパンデミック債券

本講演では、まず、世界銀行によって発行されたパンデミック債券について紹介する。パンデミック債券の概要は表 1 の通りである。

表 1: 世界銀行が発行したパンデミック債券の概要

項目	内容
発行者	世界銀行
条件決定日	2017年6月28日
満期日	2020年7月15日
額面	Class A: 225 million USD Class B: 95 million USD
対象となる感染症	Class A: インフルエンザとコロナウイルス感染症 Class B: フィロウイルス、コロナウイルス感染症、ラッサ熱、リフトバレー熱、クリミアコンゴ出血熱
指数	確認された死亡数、成長率、地理的な広がり等
発行価格	100%
金利	Class A: 6か月米ドル LIBOR +6.50% Class B: 6か月米ドル LIBOR +11.10%
償還額	感染症が大流行した場合は、投資元本が保険金支払いに使われるため、償還額は0となる。

出典: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2017/06/28/world-bank-launches-first-ever-pandemic-bonds-to-support-500-million-pandemic-emergency-financing-facility> (アクセス日: 2021年9月10日)

1 日本疫病学会の WEB ページ
(<https://jeaweb.jp/covid/glossary/index.html#pandemic> アクセス

ス日: 2021年9月9日)から引用

表1の通り、パンデミックボンドはパンデミックを引き起こす感染症が発生した場合に、パンデミック緊急ファシリティ (Pandemic Emergency Financing Facility, PEF) に資金提供を行い、発展途上国でのパンデミックを引き起こす感染症対策に機動的に資金を提供するために2017年に発行された。新型コロナウイルス感染症も対象となっている。

また、Class Aの金利が6か月米ドルLIBOR+6.50%、Class Bの金利が同+11.10%であることから理解できる通り、額面の全額が償還されない可能性があり、リスクの高い債券となっている。このことは、投資家向けに発行された目論見書にも明記されている。

このパンデミックボンドの特徴は、トリガーとなる指数が複数設定されており、複雑なデリバティブとなっているところにある。例えば、Class Aにおける新型コロナウイルス感染症を例にとった場合、トリガーとなる指数は以下のようなものがある。

- ・ 確定死亡者数: 2,500人以上
- ・ 確定比率: 20%以上
- ・ 成長率: 0以上
- ・ 地理的な広がり: Regional か Global であること (Local: 1か国で確定死亡者数が20人以上、Regional: 2か国以上8か国未満で確定死亡者数が20人以上、Global: 8か国以上で確定死亡者数が20人以上)
- ・ 確定感染者数: 250人以上

上記で、確定死亡者数 (Confirmed Deaths) や確定感染者数 (Confirmed Cases) は、世界保健機関 (WHO) 等の組織が公表した数値を意味する。確定比率は、確定した感染者数が確定していない感染者数 (Probable Cases) も含めた総感染者数に占める割合である。成長率は、感染者数の成長率であり、14日間の総感染者数とその前の14日間の総感染者数と比較し、測定誤差等を考慮して保守的に見積り計算する。

以上を全て満たした場合、16.67%の額面について返済が免除される。Class Bも同様に複数のトリガーとなる指数が設定されており、確定死亡者数や地理的な広がり等に応じて、15.00% - 100.00%の額面返済が免除される。

目論見書では、上記のリスクを緻密にモデル化し、パンデミックボンドのリスクを評価している。例えば、新型コロナウイルスに起因する顕著なアウトブレイクの発生率については、ポアソン分布を利用し、15年に1度、アウトブレイクが発生すると仮定して分析している (表2)。

アウトブレイクが発生し、国内でどのように感染症が蔓延するかについては、SEIRモデル (Susceptible,

Exposed, Infectious, Removed) を利用して分析している。SEIR等の感染症モデルは、本シンポジウム他の発表を参照されたい。世界銀行の目論見書では、さらに、1. Susceptible (感受性、感染しうる状態)、2. Exposed (感染してから感染性を持つまでの状態)、3. Infectious, Asymptomatic (無症状の感染性、他人に感染させられる状態)、4. Infectious, Symptomatic / Can Travel (症状がありかつ移動できる感染性)、5. Infectious, Symptomatic / Cannot Travel (症状がありかつ移動できない感染性)、6. Removed, Vaccinated (除外、ワクチンの接種により感染しない状態)、7. Recovered (回復し、感染しない状態)、8. Removed, Dead (死亡による除外)、以上の8つの状態に細分化して分析している。

表2: 感染症の発生に関する分布についての仮定

感染症	分布	平均発生頻度 (年)
インフルエンザ	打ち切りワイブル分布	27
コロナウイルス	ポアソン分布	15
フィロウイルス	ゼロ過剰なポアソン分布	2
クリミアコンゴ出血熱	負の二項分布	35
ラッサ熱	負の二項分布	28
リフトバレー熱	負の二項分布	5

出典: 世界銀行の発行した目論見書 (<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/f355aa56988e258a350942240872e3c5-0240012017/original/PEF-Final-Prospectus-PEF.pdf> アクセス日: 2021年9月10日)

世界銀行の目論見書は、以上のモデルを利用して分析した結果、Class A(B)の額面の一部が棄損する確率が3年間の平均で4.92% (9.44%)、全額償還されない確率が3.30% (6.51%)、期待損失が3.57% (7.74%)であると報告している。このことも、世界銀行によるパンデミックボンドのリスクが極めて高いことを示す。

この世界銀行のパンデミックボンドが、発展途上国における感染症対策に貢献する債券であったかどうかについては、賛否両論がある。一般的にパンデミックボンドのような仕組債、すなわちデリバティブを利用したリスクファイナンスは、指数に従って支払いが決まるため、保険を利用するよりも、機動的な支払いが可能であるというメリットがある。しかし、実際には、2019年12月31日に新型コロナウイルスがエピソードとして認定されてから、返済免除が2020年4月17日確定するまで、4か月弱かかっており (Lane and Beckwith 2020)、発展途上国に対する支援が遅れたという批判がある (Hodgson 2020)。そのため、世界銀行は、パンデミックボンドを今後も発行予定であったが中止した (Hodgson 2020)。

一方で、条件によってはこのようなパンデミック

ボンドを利用したリスクファイナンスも有効になりうる。Richter and Wilson (2020)は、簡潔なトリガーを設定することによりパンデミックボンドが有効なリスクマネジメント手法になりえることを主張している。さらに、株式や一般的な債券との相関が低いことから、投資家にとっては効率的フロンティアを拡大できるというメリットもある。そのようなメリットを個人投資家も享受できるために、免責額を額面ではなくクーポンのみにし、投資リスクを低減する取り組みや、パンデミックボンドへの投資に対する減税措置が有効であると主張している。

さらに、講演者の計算では、パンデミックボンドによるリスクファイナンスは、パンデミックボンドを国が発行し、パンデミックの発生時にその元本返済資金を補助金として国民に給付する仕組みを想定した場合、パンデミックの発生確率が5%とすれば、罹患率が40%以下、国民のリスク回避係数が0.24以上、パンデミックボンドの利回りが8%以下であれば、国民の効用を高める効果がある(伊藤 2021)。また、保険会社がパンデミックボンドを発行してパンデミックリスクを保障するような保険商品を提供した場合、パンデミックボンドの利回りが8%かつ、パンデミックの発生確率が5%であれば、個人のリスク回避係数が0.4と高い場合には、付加保険料率が150%であっても個人の効用を高め、保険会社のリスク回避係数が0.24以上であれば、保険会社の企業価値を高めることもできる(伊藤 2022)。

したがって、パンデミックボンドを利用したリスクファイナンスは、世界銀行の事例は、成功とは言えないが、工夫することにより有効に機能しうる。

2.2 オリエンタルランドが発行したCAT ボンド

続いて、大災害債券 (Catastrophe Bonds、以下CATボンド) について紹介する。日本の事業会社における初の事例が、ディズニーランドの運営会社であるオリエンタルランドが発行したCATボンドである。そのCATボンドの概要は、表3の通りである。

表3の通り、地震が発生した際に、マグニチュードや震源の位置に従って、元本返済の一部あるいは全部が免除される。東京ディズニーランドの近隣で地震が発生した場合、施設が損壊する等して営業できなくなったり、あるいは、近隣の住民が地震の影響で来園できなくなったりするリスクがあり、そのような場合、通常の社債であれば、元本を返済する資金が枯渇する恐れがあるが、CATボンドの場合には元本返済を行う必要がなく、元本返済に充当する資金を、施設の復旧費用や、営業収益の補填に充てることのできる。このようなCATボンドの発行は大災害のリ

スクファイナンスとして有効に機能しており、実際にオリエンタルランドの企業価値向上にも貢献している (Morikuni 2015)。

表3: オリエンタルランドによるCATボンドの概要

項目	内容
発行者	オリエンタルランド
発行年月	1999年5月
満期	5年
額面	1億USD(約120億円)
対象となるイベント	東京ディズニーランドを中心とする同心円、半径10km、50km、75km以内かつ、101km以内を震源の深さとする地震
指数	マグニチュード 震源が半径10km、50km、75km以内であるかどうか
発行価格	100%
金利	6か月米ドルLIBOR+3.10%
償還額	地震が発生した場合、マグニチュード及び震源の場所によって額面の償還が一部または全部免除される <ul style="list-style-type: none"> ・震源が半径10km以内: マグニチュード6.5未満: 100% マグニチュード6.5~7.5: 75%~0% マグニチュード7.5以上: 0% ・震源が半径10km以上50km以内: マグニチュード7.1未満: 100% マグニチュード7.1~7.7: 75%~0% マグニチュード7.7以上: 0% ・震源が半径75km以上: マグニチュード7.6未満: 100% マグニチュード7.6~7.9: 75%~0% マグニチュード7.9以上: 0%

出典: 室町(2007)を参考に筆者作成

2.3 東横INNが発行した稼働率連動債

CATボンドのようなリスクファイナンスの一手法として、東横INNが発行した稼働率連動債を紹介する。東横INNは、1986年1月に設立されビジネスホテルの運営を行っており、国内は、全国1都1道2府42県にホテルがあり、海外も韓国、モンゴル、フィリピン、ドイツ、フランスにホテルがある。稼働率連動債は、1999年に第1回の発行が行われたが、その後も継続的に発行が行われており、2016年に発行された第1回無担保稼働率連動公募社債の内容を紹介する。この社債の概要は表4の通りである。

表4の通り、また公募社債の名前の通り、稼働率に連動して金利が決まる。なお、平均稼働率は小数点以下第1位を四捨五入して計算され、例えば、平均稼働率が80.4%の場合には、80%となり、80.5%の場合には、81%となる。稼働率が60%未満の場合には、基本年金利である1.0%のみが支払われ、以後、稼働率が1%上昇するごとに、金利が0.1%上昇する。稼働率が100%となった場合には、金利は5.0%となる。このような稼働率連動債を利用することにより、営業収益

が少ない場合に、金利支払いも抑えられることにより、キャッシュフローが平準化されるため、有効なリスクファイナンスの手段であると考えられる。

表4: 東横INNによる稼働率連動債の概要

項目	内容
発行者	株式会社東横イン
発行日	2016年11月1日
満期	5年
額面	495,000,000円 1口: 5,000,000円
口数	99口
発行価格	100%
金利	平均客室稼働率 60%未満: 1% 平均客室稼働率 60%以上: $1\% + (\text{平均客室稼働率} - 60\%) \times 0.1$ 例: 平均客室稼働率 80%の場合、 $1\% + (80\% - 60\%) \times 0.1 = 3\%$ となる。
償還額及び償還日	2017年11月1日: 1,000,000円 2018年11月1日: 1,000,000円 2019年11月1日: 1,000,000円 2020年11月1日: 1,000,000円 2021年11月1日: 1,000,000円

出典: 東横INNのWEBページ (https://www.toyoko-inn.com/content/files/news/ja/news_20161027_011.pdf アクセス日: 2021年9月10日)

さらに、このような稼働率連動債を東横INNの宿泊客にも販売することにより、宿泊客かつ稼働率連動債の投資家である個人は、自身がさらに宿泊すれば、稼働率の向上に従い金利が上昇し、高いリターンを得られるため、個人に対して宿泊する誘因を与えられる。稼働率連動債の発行は財務戦略としてのみではなく、マーケティング戦略としても優れている。

2.4 永久債

永久債は、発行体が元本の返済を行わず、利子を永久に支払い続ける債券を意味する。通常はコーラブルな債券であり、経済状況等に応じて元本の返済が発行体の裁量により行われることがある。

パンデミックリスク等が顕在化した際に、企業に借入がある場合、その返済ができないことが倒産の原因となるため、企業が借り入れを行わないあるいは、借入の返済をしなくてもよい永久債の発行もパンデミックリスクマネジメントの一手法として考えられる。

古くはイギリスやアメリカの政府が、永久債を財政再建や戦費調達のために発行していた。1990年代には、日本の金融機関も、Basel規制によって求められていた自己資本比率を満たすため、永久債の発行を行っており、近年では世界中の多くの金融機関が永久債を発行している。

果たしてこのような永久債を事業会社が発行する

ことにより、リスクファイナンスを実行することは可能であろうか。2016年に事業会社としては日本で初めてDMG森精機株式会社が永久劣後特約付ローンにより資金調達を行った。この劣後ローンの概要は以下の表5の通りである。

表5: DMG森精機による劣後ローンの概要

項目	内容
発行者	DMG森精機株式会社
契約日	2016年8月5日
借入日	2016年9月20日
弁済期日	期限の定め無し 但し、2021年9月20日以降の各利払日において、元本の全部又は一部の任意弁済が可能
調達額	400億円
金利	2016年9月20日～2026年9月20日: 6ヶ月日本円TIBORをベースとした変動金利 2026年9月20日以降: 6ヶ月日本円TIBOR + 1.00%
利息支払に関する条項	利息の任意繰越が可能
劣後特約	本劣後ローンの債権者は、当社の清算手続、破産手続、会社更生手続若しくは民事再生手続又は日本法によらないこれらに準ずる手続において、上位債務に劣後した支払請求権を有する本劣後ローンに係る契約の各条項は、いかなる意味においても劣後債権の債権者以外の当社のあらゆる債権者に対して、不利益を及ぼす内容に変更してはならない。
借換制限条項	なし
貸付人	株式会社みずほ銀行 株式会社三井住友銀行

出典: DMG森精機のWEBページ (https://www.dmgmori.co.jp/corporate/ir/ir_library/pdf/20160805_loan.pdf アクセス日: 2021年9月10日)

表5の通り、DMG森精機は、期限の定めのない永久劣後特約ローンにより資金調達をしている。この資金調達以後も、利率等の条件が若干異なるものの、永久劣後債を発行している。

以上のことから、借入金の返済が遅れたり、不能となったりすることによる倒産リスクを減少させ、パンデミックリスクファイナンスの一手段として有効であると考えられる。さらに、借換の制限がないことから、金利がさらに減少し、DMG森精機にとって好条件で発行できる場合には、既に発行済みの永久劣後ローンあるいは永久債の償還を行い、さらに低金利にて新たな永久債等の発行をすることにより、資本コストを低減させるというリアルオプションも内包した財務戦略であると理解できる。

2.5 金

金への投資は伝統的なリスクマネジメント手法で

ある。日本でも有事の金と言われ、リスクヘッジ手段として金への投資が行われたり、有事を予測するために金の価格が利用されたりしている。実際に金のβ(市場リスク)は、マイナスであることが多く、株式や債券のポートフォリオに金を含むことにより効率的フロンティアが拡大でき、リスク分散の効果がある。

そのため、平時から投資家のリスク回避度に従って、金に投資をすることが、パンデミック等の有事に備えるリスクマネジメント手法になりうる。

3. 相互扶助で立ち向かう (助け合いの精神)

相互扶助によるパンデミックリスクマネジメント手法についても考察したい。ここで、相互扶助あるいは相互支援プログラム (Mutual Aid Program) は、発生した損害に対して支払われる保険金額をプログラムの参加者全員で均等割りした額を負担する仕組みと定義する。本講演では、主に相互宝とわりかんがん保険の事例を説明する。その概要は表6の通りである。

過去にもこの相互支援プログラムに類似した仕組みは存在したが、保険数理が未発達であり、期待される保険金支払額と保険料が不公正である等の理由により衰退した。例えば、17世紀のイギリスにおいて教会の牧師が組合を作り彼らに万が一のことがあった場合に彼らの遺族に対して生活資金を拠出するために保険料を出し合う制度を開始したが、制度の参加者全員に同じ金額の保険料が課されていた²。高齢者の方が若年者よりも保険金を受け取れる確率が高く、年齢等により死亡率は異なるため、保険金の期待値に対して保険料が不公正であり、このような組合はまもなく解散している。堀田(2021)もこのような原始的保険の問題点として確率計算が不十分であることをあげている。

しかし、近年では、中国のアントフィナンシャルや日本の justInCase 等が相互支援プログラムの提供を開始している。アントフィナンシャルは、相互宝という商品名で、100の重大疾病に対する保障を提供している。最大の特徴は、保険金に対して8%の管理費(付加保険料率)が上乘せされているのみであり、日本で提供されている一般的な医療保険よりも極めて低い水準である。例えば、ライフネット生命が提供している終身医療保険の付加保険料率の平均値は、27.53%であり、それ以外の保険会社の場合は100%程度であると考えられる(伊藤 2020)。

一方で、保険料は、保険金支払額を加入者数で除した金額に応じて決まるため、不確実性が存在する。但

し、伊藤(2020)によれば、その標準偏差は約年8円と極めて低く、保険料の上限額も188円/年(約3,105円/年)に設定されており、不確実性は極めて低い。

表6: 相互宝及びわりかんがん保険と一般的な医療保険との比較

項目	相互宝 (相互保)	わりかんがん 保険	一般的な 医療保険
保険料の不確実性	不確実(低い) 保険金総計 / 加入者数 保険料の上限: 188円/年 (約3,105円/年) 保険料の標準偏差: 約8円/年 (加入者が6千万人の場合)	不確実 保険金総計 / 年齢グループ別の加入者数 保険料の上限: 20歳~39歳: 500円/月 40歳~54歳: 990円/月 55歳~74歳: 3,190円/月 保険料の標準偏差: 約186円/年 (加入者が2万4千人の場合)	確実
付加保険料率	10%(相互保) 8%(相互宝)	加入者数によって変動 33.33% 53.85%	20%~100% それ以上の可能性もある
保険金	上限あり 39歳以下: 30万円 (約495万円) 40-59歳: 10万円 (約165万円)	がん診断一時金: 80万円 死亡保険金: 5万円~300万円 (年齢・性別毎に異なる詳細は伊藤 2020を参照)	上限あり 支出予定額に合わせた契約者がある程度決められる
保険加入者の分類	39歳以下あるいは40-59歳 2種類のみ	20歳~74歳までの5歳毎及び男女毎に死亡保険金額が異なる。22種類。	細分化 1歳毎、他の要因も考慮
モラルハザード	高い(不健康な人が入る可能性が高い) (ただし芝麻信用スコアによりコントロールされている可能性あり)	やや高い(保険料上限は年齢及び死亡保険金は性別及び年齢毎に異なる)	低い(不健康な人が入る可能性低い)
信用リスク	芝麻信用スコアが650点未満は入会不可	クレジットカードによる支払い	保険会社が資本を積むことにより低減

注: 為替レートは2018年12月13日終値である16.515015円/元を利用。

出典:片山 (2018a, b)、伊藤(2019)、伊藤(2020)、justInCaseのWEBページ (<https://p2p-cancer.justincase.jp/> アクセス日: 2021年9月10日)

相互宝の場合、保険料が保険金の均等割りによって課されることから、保険料が不公正になるという懸念があるが、以下のような工夫がなされている。まず、相互宝はがんを含む100の重大疾病³を対象とし

(アクセス日: 2021年9月10日)

3 その補償対象は伊藤(2019)を参照されたい。

2 生命保険協会のWEBページから引用。
<https://www.seiho.or.jp/data/billboard/introduction/content02/>

ており、がん以外は殆どが、罹患率が低く、個人差があまりない疾病を対象としている。そして、罹患率が高くなる40歳以上60歳未満については保険金支払額を39歳以下の保険契約者の1/3であり、罹患率が極めて高くなる60歳以上は加入不可としており、保険料が公正になるようにしている。

相互宝は、中国で人気が高く、加入者数は、2018年10月16日のサービス開始後2週間で、1,200万人を超え、2019年11月27日時点で1億人を超えている(片山2020)。なお、この講演は2020年11月21日に行われているが、相互宝は、2022年1月28日をもって運用を終了しており、2021年12月28日の運用終了発表時点で7,500万人の加入者がいた(片山2022)。

日本では justInCase が、2020年1月にわりかかんがん保険の販売を開始した。相互宝と同じように相互支援プログラムの形態をとっている。相互宝との大きな違いは、相互宝が中国の当局から保険商品として認められていないのに対して、わりかかんがん保険は少額短期保険として販売されており、制度上も保険商品である点である。中国での規制が厳しくなったことが相互宝の運営終了の原因として考えられている(片山2022)。

一方で、わりかかんがん保険の場合は、保険商品として販売をしており、保険業としての規制が適用されるため、保険の販売に際し、責任準備金を積む必要性があり、資本コストを保険料に転嫁せざるを得ず、相互宝よりも高い付加保険料率での販売を余儀なくされている。このことが、わりかかんがん保険の2020年9月時点における加入者が2,535人と少ないことの一因となっていると考えられる(伊藤2020)。

以上のような相互支援プログラムも、罹患率がCOVID-19 やスペイン風邪並みの40%程度であると仮定すれば、個人のリスク回避係数が0.4程度であれば、付加保険料率が23%以下の場合、リスク回避係数が0.24であれば、相互宝並みの付加保険料率8%の場合、個人の効用を高めパンデミックリスクファイナンスとして有効に機能する(伊藤2021、2022)。

4. 長寿企業から学べる事

最後に長寿企業の経営からパンデミックリスクマネジメントについて考察したい。長寿企業は多く困難を乗り越えてきており、例えば100年以上存続している老舗企業は、日本には、19,518社存在しており(帝国データバンク2009)、そのような企業は2度の世界大戦、多くの不況、そして、1918年に大流行が

始まったスペイン風邪も乗り越えており、そのような企業を研究することにより、パンデミックリスクマン地面とのヒントが得られると考えられる。

世界中で、1,000年以上存続している企業は12社あると言われており、帝国データバンク(2009)によればそのうちの6社が日本企業である⁴。半数が日本に所在していることになり、日本企業は世界の中でもサステナビリティ(持続可能性)に優れていると言える。そのような長寿企業の特徴を整理する。1,000年以上存続する日本企業の一覧は表7の通りである。

表7: 1,000年以上存続する日本の長寿企業

企業名	所在地	創業年	業種
金剛組	大阪府	578	寺院建築
西山温泉慶雲館	山梨県	705	温泉・旅館
古まん	兵庫県	717	温泉・旅館
善吾楼	石川県	718	温泉・旅館
源田紙業	京都府	771	製紙業
田中伊雅仏具店	京都府	889	仏具製造販売

出典: 帝国データバンク(2009)

表7の通り長寿企業の内、半数が温泉・旅館である。温泉は、湯治の場として利用されており、人々にとっては病院であった(帝国データバンク2009)。世界最古の企業である金剛組は寺院建設、田中伊雅は仏具製造販売であり、宗教に関連した産業も長寿企業になっており、人々の生活に密接に関わる産業が長寿企業になっている。

次に、100年以上存続している老舗企業の財務的な特徴について検証する。

表8: 老舗企業(100年以上存続)の財務的な特徴

財務比率	老舗企業	全業種
総資本経常利益率	2.11%	2.64%
売上高総利益率	19.97%	23.45%
売上高営業利益率	1.88%	1.91%
売上高経常利益率	2.04%	1.90%
総資本回転率(回)	1.01	1.69
棚卸資産回転期間(月)	1.52	1.90
固定資産回転期間(月)	5.74	3.59
自己資本比率	28.65%	26.81%
流動比率	167.08%	173.23%
固定比率(固定資産/長期負債)	216.67%	147.37%

出典: 帝国データバンク(2009)

表8の通り、売上高総利益率や売上高営業利益率の比較から理解できるように、老舗企業における本業の利益率は高くはないが、経常利益率は老舗企業の方が高い。また、自己資本比率は老舗企業と非老舗企業とでは老舗企業の方がやや高いにもかかわらず、

4 データソースにより数字は異なり、例えば商工リサーチによれば、7社である(<http://www.tsr->

net.co.jp/news/analysis/20161202_01.html アクセス日: 2021年9月10日)。

固定比率 (固定資産/長期負債) は、老舗企業の方が高い。以上のことから、以下のような特徴が言える。

まず、経常利益率が高く、固定資産が高いことから、不動産や配当からの収入等の営業外収益が多いことが理解できる。また、営業外費用、具体的には支払金利等が低く、老舗企業は銀行と長年の取引等による信用から金利を低減できていること等が考えられ、以上の財務的特徴が老舗企業の存続確率を高め、老舗企業ならしめていると考察できる。

しかし、不動産投資については、市場の不況期等に β が高くなる、すなわち下方リスクが高く、実際に、COVID-19 の影響により、不動産投資へのリスクが上昇しており、低リスク、低リターン投資ではなく、中リスク、中リターンの投資対象になっている (Ito 2022)。そのため、パンデミックリスクマネジメントの観点からは、蓄積された利益の投資対象として、どのような不動産が適切であるかについては、詳細な検討が必要である。

5. おわりに

パンデミックリスクは、発生頻度が低いものの、発生した場合には被害額が大きいリスクである。そのようなパンデミックリスクでも、金融市場や相互扶助の仕組みを活用することにより回避しうることを本講演では説明した。少しでも多くの企業や金融機関におけるパンデミックリスクマネジメントの参考になれば幸いである。講演者自身も、実務に資するパンデミックリスクマネジメントに関する研究に今後とも取り組んでいきたい。

参考文献

- 伊藤晴祥 (2019), InsurTech を活用した相互支援プログラムの実現可能性の検証: 相互宝を事例として, 生命保険論集, 208 (別冊), 31-99.
- 伊藤晴祥 (2020), InsurTech を活用した相互支援プログラムは保険需要者の効用を高めるか—相互宝及びわりかん保険を事例として—, 生命保険論集, 213, 263-327.
- 伊藤晴祥 (2021), リスクファイナンスを利用したパンデミックリスクマネジメントに関する一考察, 生命保険論集, 217, 163-218.
- 伊藤晴祥 (2022), 保険会社が取り組むべきパンデミックリスクファイナンスに関する一考察: パンデミック債券と相互支援プログラムを事例として, 保険学雑誌, forthcoming.
- 片山ゆき (2018a), 加入者が1日100万人? アリババ会員向け重大疾病保証とは?, 基礎研レター, 2018-11-12.
- 片山ゆき (2018b), 変革期迎えた中国生保業界: 世界2位市場で「相互保」躍進, 金融財政ビジネス, 10790, 4-7.
- 片山ゆき (2020), 中国「P2P 互助」の進撃「相互宝」加入者1億人、平安保険によるポイントで支払う「歩歩奪宝」の誕生, ニッセイ基礎研所報, 64, 105-109.
- 片山ゆき (2022), 相互宝運用終了へ (中国), 基礎研レター, 2022-01-14.
- 帝国データバンク (2009), 百年続く企業の条件: 老舗は変化を恐れない, 朝日新聞出版.
- 堀田一吉 (2021), 保険学講義, 慶應義塾大学出版会.
- 室町幸雄 (2007), オルタナティブ投資としてのCAT債券市場, 年金ストラテジー, 127, 4-5.
- Harrington, Scott E. and Gregory R. Niehaus (2004), *Risk Management and Insurance* (2nd edition), McGraw-Hill/Irwin.
- Hodgson, Camilla (2020), World Bank ditches second round of pandemic bonds, *Financial Times*, 6 July 2020. (<https://www.ft.com/content/949adc20-5303-494b-9cf1-4eb4c8b6aa6b> アクセス日: 2021年9月7日)
- Ito, Haruyoshi (2022), On the Pandemic Risk of Real Estate Investment in Japan, *The 26th AsRES Annual Conference: 2022 AsRES-AREUEA Joint Conference*, Tokyo, Japan, Aug 5, 2022, Asian Real Estate Society.
- Lane, Morton N. and Roger G. Beckwith (2020), World Bank Pandemic Bond Redux and Quarterly Market Performance Report – Q2 2020, *Trade Notes*, Lane Financial LLC, June 30th, 2020. (<http://www.lanefinancialllc.com/images/stories/Publications/2020-06-30%20Quarterly%20Review.pdf> アクセス日: 2021年9月10日)
- Morikuni, Tsukasa (2015), On a Catastrophe Risk Management and Its Impact on the Firm Value: A Case in Oriental Land Co., *Master Thesis at International University of Japan*.
- Richter, Andreas and Thomas Wilson (2020), Covid 19: implications for insurer risk management and the insurability of pandemic risk, *The Geneva Risk and Insurance Review*, 45(2), 171-199.

<JAROS2020 研究発表大会シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」
セッション1: 感染症モデルセッション 講演要旨>

感染症のパンデミックをいかに制御するか

澤木勝茂・佐藤公俊

(元南山大学・神奈川大学)

1. はじめに

新型コロナウイルスによる感染症の流行は、国民の健康と社会経済活動との間の厳しい綱引きにも似た緊張関係の問題に光を当てることとなった。人と人との接触により感染症のウイルスが拡散しパンデミックが引き起こされるので、感染症の拡散を抑制するためには人々の社会経済活動を抑制せざるを得ない。国や地方自治体の政策責任者は、この厄介なトレードオフの問題に直面することとなった（例えば、Oum and Wang (2020)を参照せよ）。

本報告では、新型コロナウイルスを含む感染症の数理モデルを通して、①感染症のパンデミックはどのようにして発生するか、②パンデミックを制御するために我々は何ができるか、③パンデミックの第2波はどんな条件の下で発生するか、④伝統的な決定論モデルと比較して感染症の確率モデルは何を新たに教えてくれるか、について論究したい。そのために、感染症モデルの基本的モデルである SIS モデルと SIR モデルに死亡者数を導入する。モデルを構成するパラメータと変数がどのように相互に影響し合うかを紹介し、両モデルから得られる結果の違いを論じ、その違いはどこから来るかを議論する。どちらのモデルが新型コロナウイルスをよりよく説明するかは2020年11月21日の時点ではオープンクエスションと仮定した。

2. 感染症の数理モデル

感染症に対する免疫を持たない、すなわち感受性を持つ状態を S(Susceptible)、感染してウイルスを増殖し排出することで他人に感染させる、すなわち感染性を持つ状態を I(Infectious)、感染後に回復して免疫を回復すれば R(Recovered)の状態とそれぞれ呼ぶ。感染症の古典的な数理モデルとして SIS モデルと SIR モデルがある。感染して回復した患者が免疫を獲得するならば SIR モデル、免疫を獲得せずに感受性の状態 Sに戻るならば SIS モデルと呼ぶ。感染期間を、感染しているが未だ感染性を持たない感染待ち(Exposed)期間 E と感染性をもつ期間 I とを分離したモデルを SEIR モデルと呼び、免疫獲得期間が有限な場合を SIRS モデルとそれぞれ呼んでいる。感染症の

症状と感染性に関する期間が異なるので、この期間を分けて議論するのが正確なモデル化であるが、本報告では無症状と有症状(症候性)を区別しないこととする。無症状感染者を検査しないことはモデルのパラメータ測定の精度に影響するが、本報告では単純化のために感染性の期間に従って患者の状態を区分することにする。

2.1 感染症モデルを構成するパラメータと変数

c を人と人との接触頻度とし、 p を接触した時の感染確率とする。 $cp = \beta$ と置いて、 β を接触率(または感染率)と呼ぶ。接触率の増加は感染拡大を誘発し、感染症流行による社会的費用の増加につながる。感染症の流行への対抗手段は、検査や医療の向上に加えてロックダウンや緊急事態宣言であるが、これらの政策判断は GDP の喪失というコストが掛かり、社会経済活動への影響が極めて大きい。一方、感染症リスクは、個人の感染リスクばかりでなく、他人への感染リスクと医療負担のリスクがある。感染持続期間を T とすれば、時間 t での感染者の回復率 $\gamma(t)$ は、

$$\begin{aligned} \gamma(t)dt &= \Pr(t < T < t + dt \mid T > t) \\ &= \frac{\Pr(t < T < t + dt)}{\Pr(T > t)} \approx \frac{f(t)}{1 - F(t)} \end{aligned} \quad (1)$$

となる。式(1)の右辺は、信頼性理論の故障率と一致する。もし T が指数分布に従うならば、期待値 $E[T] = 1/\gamma$ である。感染症において最も基本的な概念は基本再生産数と呼ばれ、 R_0 と表記される。 R_0 は集団の中で感染性をもつ一人の感染者が未感染者である感受性者にウイルスを感染させる人数の期待値を表すので、

$$R_0 = \frac{\beta}{\gamma} \quad (2)$$

である。 $R_0 > 1$ ならば感染率が回復率より大きいので感染症の流行は拡大し、 $R_0 < 1$ ならば流行の拡大はない。人口に占める免疫保有者の割合を p とすれば、 $1 - p$ は免疫を持たない感受性者数の割合を表す。従って、 $(1 - p)R_0 < 1$ ならば感染症のパンデミックは発生しないことになる。 $R_0 = 2.5$ とすれば $p > 0.6$ となり、人口のうち 6 割を超える人が集団免疫を獲得すればパンデミックを防ぐことができることとなる。感受性を持つ母集団のサイズを N とし、この母集団について

次の仮定を設ける.

- 1) 母集団は同質の個人からなる閉じた集合である
- 2) 接触率および回復率については母集団において均一である
- 3) 無症状の感染者は存在しない

感染症モデルの変数として次の量を定義する.

$S(t)$ =時間 t での未感染(感受性)者数

$I(t)$ =時間 t での感染者数

$R(t)$ =時間 t での回復者数

SIS モデルでは回復後免疫を獲得しないため回復後は直ちに状態 S (感受性)に戻るので, $N = S(t) + I(t)$ が成立する. SIR モデルでは回復後に免疫を獲得するので, $N = S(t) + I(t) + R(t)$ が成立する.

次に, 接触率 β を下げるための費用と回復率 γ を高めるために医療資源に投入するかの資金配分の問題を考える. K を配分可能な資金容量, c_1 を感染者数一人当たりの社会的費用, c_2 を回復率を1単位増加させるための医療費用, c を感染者数を減少させるための投入資金, $\beta(c)$ を資金 c を投入した時の感染率 ($0 \leq c \leq K$) とする. また, 回復率を高めるために残りの資金($K - c$)を投入すれば回復率は $\gamma(K - c)$ となるとする. 時間 t において感染者数を減少させるために資金 c と回復率を高めるために残りの資金($K - c$)を投入したときの総費用を $T(t, c)$ とすれば,

$$T(t, c) = c_1 I(t, c) + c_2 \gamma(K - c) \quad (3)$$

$$I(t, c) = I(0)e^{(\beta(c) - \gamma(K - c))t} \quad (4)$$

を得る. ここで, $\beta(\cdot)$ と $\gamma(\cdot)$ について次のように仮定する:

仮定(i) $\beta(c) = \beta_0 - \beta_1(c/K)$, $\beta_0 > \beta_1$

仮定(ii) $\gamma(K - c) = \gamma_0 + \gamma_1(1 - c/K)$

$\beta(c)$ は c の減少関数, $\gamma(K - c)$ は c の減少関数, 即ち投資額($K - c$)の増加関数である.

$dT(t, c)/dc = 0$ より,

$$I(t, c) = \frac{c_2 \gamma_1}{c_1 (\gamma_1 - \beta_1) t} \quad (5)$$

を得る. 右辺は決定変数 c に依存しないので, $M_t = c_2 \gamma_1 / (c_1 (\gamma_1 - \beta_1) t)$ と置く. ここで, $\gamma_1 > \beta_1$ に対して $M_t > 0$ である. (5)式は $I(t, c) = I(0)e^{h(c)t} = I(0)\exp(\beta_0 - \gamma_0 - \gamma_1 - (c/K)(\beta_1 - \gamma_1))t = M_t$ となる. 従って, 両辺の対数をとって整理すれば, 最適な $c^*(t)$ は,

$$c^*(t) = \frac{(\gamma_0 + \gamma_1 - \beta_0)t + \log M_t / I(0)}{(\gamma_1 - \beta_1)t / K} \quad (6)$$

もし, $c_1 I(t, c)(\gamma_1 - \beta_1)t > c_2 \gamma_1$ ならば, $T(t, c)$ は増加関数となるので, $c^*(t) = 0$ となる. この場合は, 回復率を増加させる費用が感染率を減少させる費用よりも相対的に安いので, 資金の全額を回復率の改善に投入することが最適となる.

[数値例]

$K = 1$, $t = 1$, $\beta_1 = 0.2$, $\gamma_1 = 0.3$, $\beta_0 - \gamma_0 = 0.25$, $I(0) = 6$, $c_2/c_1 = 2.06$ とすれば, $M_1 = 6.18$ となる. 最適政策は, 感染率減少に $c^*(1) = 0.05 + \log(6.18/6)/0.1 \approx 0.796$ (79.6%), 回復率改善に20.4%の資金を配分することである.

2.2 死亡率を考慮した SIS モデル

時刻 t での死亡者数を $D(t)$ とし, 母集団の人口を $N = 1$ とする. SIS モデルでは, 感染者は回復後に直ちに感受性を持つ未感染者に戻るのので, $1 = S(t) + I(t) + D(t)$ が成立する. 感染者の回復率を γ_r とし, 死亡率を γ_d とすれば, 各状態の単位時間当たりの変動は,

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) + \gamma_r I(t) \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \frac{dI(t)}{dt} &= \beta S(t)I(t) - (\gamma_r + \gamma_d)I(t) \\ &= \beta I(t)(1 - \frac{\gamma}{\beta} - I(t) - D(t)) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = \gamma_d I(t) \quad (9)$$

ここで, $\gamma = \gamma_r + \gamma_d$ である. (8)式より $R_0 = \beta/\gamma \leq 1$ ならば右辺は非正となり, $I(t)$ は t の減少関数であるので, 最終的には感染者数はゼロとなりパンデミックは発生しない. $R_0 > 1$ ならば, 感染者数の関数 $I(t)$ はロジスティック曲線となり, 次式を得る

$$I(t) = \frac{\beta - \gamma}{\beta - e^{-(\beta - \gamma)(t - \frac{1}{I(0)})}} \quad (10)$$

(10)式の $I(t)$ は, 最大値 $I^* = 1 - 1/R_0$ を持つ. $R_0 > 1$ の場合, パンデミックは発生するが, R_0 が減少すればその最大値は減少する. しかし, その期間は長くなるので経済的コストは減少するとは限らない.

SIS モデルでは, 十分な時間がたった安定的な平衡状態をエンデミックな状態と呼ぶ. エンデミックな状態での感染者数および未感染者数(感受性者数)をそれぞれ I_∞ , S_∞ とし, $D_\infty = 0$ とすれば, $S_\infty = 1 - I_\infty = 1 - (1 - 1/R_0) = 1/R_0$ となる. すなわち, エンデミックな状態では $S_\infty R_0 = 1$ が成立する. まとめれば, 次式を得る.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} I(t) = \begin{cases} 1 - \frac{\gamma}{\beta}, & R_0 > 1 \text{ の時} \\ 0, & R_0 \leq 1 \text{ の時} \end{cases} \quad (11)$$

2.3 死亡率を考慮した SIR モデル

この節では, Pindyck(2020)に幾分の修正を加えて死亡率を考慮した SIR モデルを論じる. 回復(R)と死亡(D)とを区別する意義は2つ考えられる. 1)回復した患者は免疫を獲得するので, これらの人々は社会

経済活動を担うことが可能となる。2)死亡者数を定量化し、それが接触率にどのように依存するかを知ること、政策としての目標を明確にすることができる。時刻 t での死亡者数を $D(t)$ とする。SIRモデルでは回復後に直ちに免疫を獲得するので、 $N = S(t) + I(t) + R(t) + D(t)$ が成立する。感染者が回復して状態Rに戻る率を γ_r とし、感染者が死亡する率を γ_d とすれば、各状態の時間 dt 当たりの変動は以下の常微分方程式で与えられる。

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \frac{dI(t)}{dt} &= \beta S(t)I(t) - (\gamma_r + \gamma_d)I(t) \\ &= \beta I(t) \left[S(t) - \frac{1}{R_0} \right] \end{aligned} \quad (13)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma_r I(t) \quad (14)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = \gamma_d I(t) \quad (15)$$

(12)式より未感染者数 $S(t)$ は t の減少関数であり、(13)式より $I(t)$ は $S(t) < 1/R_0$ の下で増加し、 $S(t) > 1/R_0$ の下で減少する。 $S(t) = 1/R_0$ の時に感染者数の最大値 I^*

$$I^* = 1 - \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0} \log \frac{1}{R_0} \quad (16)$$

を達成する。SIRモデルでは、感染者は免疫を獲得するので未感染者数 $S(t)$ が小さいほどパンデミックの規模は大きかったことを意味するので、 $s^* = \lim_{t \rightarrow \infty} S(t)$

を考えよう。(12)式より

$$\begin{aligned} \int_0^\infty \frac{dS(t)}{S(t)} &= -\beta \int_0^\infty I(t) dt \\ &= -\frac{\beta}{\gamma_r} \int_0^\infty dR(t) = -R_0(1 - s^*) \end{aligned} \quad (17)$$

となるので、

$$s^* = e^{R_0(s^*-1)} \quad (18)$$

を得る。ただし、 $R_0 = \beta/\gamma$ である。(18)式から、 s^* の解析解を得ることはできないが、数値計算は可能である。 $R_0 > 1$ ならば $s^* < 1$ であり、 $R_0 = 1$ ならば $s^* = 1$ である。 s^* が小さいほどパンデミックは激しかったことになる。(18)式の s^* を R_0 に関して全微分すれば、

$$\frac{ds^*}{dR_0} = -\frac{R_0 s^* \log s^*}{s^* R_0 - 1} < 0 \text{ for } R_0 < 1 \quad (19)$$

となる。 $D(\infty) = (\gamma_d/\gamma)(1 - s^*)$ であるから、これを R_0 に関して微分すれば

$$\frac{dD(\infty)}{dR_0} = -\frac{\gamma_d s^* \log s^*}{\gamma R_0 (1 - s^*)} > 0 \quad (20)$$

となるので、 β を下げれば R_0 も小さくなり、最終的に死亡者数も減少する。

決定論モデルにおいてSISモデルとSIRモデルの感染者数の最大値をそれぞれ I_{SIS}^* 、 I_{SIR}^* とし、両者を比較しておこう。 $I_{SIS}^* = 1 - \rho$ であり、 $I_{SIR}^* = 1 - \rho + \rho \log \rho$ である。最大値が達成される時点では $S(t) = \rho < 1$ であるから、 $I_{SIR}^* < I_{SIS}^*$ を得る。SIRモデルでは感染者は回復後に免疫を獲得するのに対し、SISモデルでは回復後に免疫を持たないので感受性者に戻る。その結果、SISモデルの感染者数の最大値はSIRモデルのそれよりも大きくなる。

3. SIRモデルの下でパンデミックが起こる条件は何か

パンデミックが起こる条件を論ずる前に、パンデミックの第1波の収束時において未感染者数と死亡者数がどのように α と β に依存するかを見てみよう。便宜的にパンデミックの第1波が時刻 T で収束したと仮定しよう。 $\lim_{t \rightarrow T} S(t) = S_T$ 、 $\lim_{t \rightarrow T} R(t) = R_T$ 、 $\lim_{t \rightarrow T} D(t) =$

D_T と置く。(12)式を(14)式で割れば、

$$\log \frac{S_T}{S(0)} = \left(-\frac{\beta}{\gamma_r} \right) R_T \quad (21)$$

を得る。 $S_T + R_T + D_T = 1$ であるから、

$$\log \frac{S_T}{S(0)} = \left(-\frac{\beta}{\gamma_r} \right) (1 - S_T - D_T) \quad (22)$$

となる。 $D(0) = 0$ であるから、

$$D_T = \left(-\frac{\gamma_d}{\beta} \right) \log \frac{S_T}{S(0)} \quad (23)$$

となり、 D_T を(22)式に代入して整理して

$$\left(\frac{\gamma}{\beta} \right) \log \frac{S_T}{S(0)} - S_T + 1 = 0 \quad (24)$$

となり、(24)式より $S_T > 0$ である。従って、第1波の収束時では全ての人々が免疫を獲得するわけではない。(24)式を β で全微分すれば

$$\frac{dS_T}{d\beta} = \frac{S_T \log S_T}{\beta(1 - S_T)} \leq 0 \quad (25)$$

となり、回復率 γ が一定のもとで接触率 β が増加すれば、未感染者数 S_T が減少し、感染者数は増加する。

完全なロックダウンが実施され β が0に近づけば S_T は $S(0) \cong 1$ に漸近する。感染症流行の収束時に死亡者数は接触率 β にどのように依存するであろうか？

$$\begin{aligned} D_T &= \left(-\frac{\gamma_d}{\beta} \right) \left(\frac{\beta}{\gamma} \right) (S_T - 1) \\ &= \left(\frac{\gamma_d}{\beta} \right) R_0 (1 - S_T) = \left(\frac{\gamma_d}{\gamma} \right) (1 - S_T) \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \frac{dD_T}{d\beta} &= \left(-\frac{\gamma_d}{\gamma} \right) \left(\frac{dS_T}{d\beta} \right) \\ &= \frac{\gamma_d}{\beta^2} \frac{S_T \log \frac{S_T}{S(0)}}{S_T - \rho} > 0 \end{aligned} \quad (27)$$

(27)式は接触率 β を1単位減少できれば最終的には何人の死者数を減少できるかを示唆している。換言すれば、自粛要請等の社会経済活動を抑制するために社会的距離を保つ政策により接触率 β を減少させることで何人の人命が救われるかの指標となる。

第1波収束後に $S_T > 0$ の下で、この人口集団に新たな感染者が侵入したとしよう。この時、パンデミックの第2波が発生する条件はなんであろうか？(12)式から(14)式を観察すれば、流行の収束後($t > T$)

- $S_T > 0$ がいかに大ききとも、 $R_0 < 1$ ならば、パンデミックの第2波は発生しない。
- $R_0 > 1$ であっても $S_t < \gamma/\beta = 1/R_0$ ならば、パンデミックの第2波は発生しない。
- 第1波収束後($t > T$)、 $S_t > \gamma/\beta$ かつ $R_0 > 1$ ならば、第2波が発生する。

すなわち、social distancing policy が緩和され R_0 が十分に大ならばパンデミックの第2波は起こりうる。

$$\beta \rightarrow \beta', \quad \rho \rightarrow \rho' = \frac{\gamma}{\beta'} < \rho \quad (R_0 < R'_0) \quad (28)$$

第2波の収束時を T' とし、 T' での未感染者数を $S'_{T'}$ とすれば、 $S'_{T'}$ は

$$\rho' \log \frac{S'_{T'}}{S_T} - S'_{T'} + 1 = 0 \quad (29)$$

の解である。

次に、パンデミックの第1波と第2波の感染者数の最大値(パンデミックの山)を比較してみよう。第1波の最大値 I^* は(16)式で与えられる。第1波の消息時 T と第2波の収束時 T' を所与として、 $T < t < T'$ に対して

$$\begin{aligned} I_t &= \int_T^t \left(-1 + \frac{\rho}{S(t)} \right) dt \\ &= S_T - S(t) + \rho \log \frac{S(t)}{S_T} \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \frac{dI_t}{dt} &= -\frac{dS(t)}{dt} + \rho \frac{1}{S(t)} \frac{dS(t)}{dt} \\ &= -\beta S(t) I(t) \left(\frac{\rho}{S(t)} - 1 \right) \end{aligned} \quad (31)$$

$S(t) = \rho$ のとき、第2波は最大値を達成するので、第2波の最大値を I^{**} とすれば

$$I^{**} = S_T - \rho + \rho \log \frac{\rho}{S_T} \quad (32)$$

$$I^* = 1 - \rho + \rho \log \rho \quad (33)$$

より、

$$\begin{aligned} I^{**} &= 1 - \rho + \rho \log \rho - 1 + S_T - \rho \log S_T \\ &= I^* + S_T - 1 - \rho \log S_T \\ &= \begin{cases} > I^*, & \text{if } S_T > 1 + \rho \log S_T, \\ \leq I^*, & \text{if } S_T \leq 1 + \rho \log S_T \end{cases} \end{aligned} \quad (34)$$

となる。 $s - (1 - \rho \log s) = 0$ となる s を s^* とすれば、

$$I^{**} - I^* \begin{cases} > 0, & S_T > s^* \text{のとき} \\ < 0, & S_T < s^* \text{のとき} \end{cases} \quad (35)$$

を得る。この手順を繰り返せば、第3波、第4波の最大値は順次に減少し、最終的には感染症のパンデミックは収束する。

この結論が新型コロナと一致しない理由：

- 1) 新型コロナの第1波では、検査容量不足のため感染者を十分に割り出していない、または
- 2) SIRモデルでは、感染者は回復後に免疫を獲得すると仮定するので感染者予備軍である未感染者数が第2波では少なくなる。

収束時の $S(T)$ は、 $\log S(T) = (S(T) - 1)R_0$ より、 $S(T) = \exp\{(S(T) - 1)R_0\}$ を満たす。収束時では、 $S(T) < \rho = 1/R_0$ であり、

$$\frac{dS(T)}{dR_0} = \frac{(S(T) - 1)S(T)}{1 - R_0 S(T)} < 0 \quad (36)$$

$S(T)$ が小さいほどパンデミックが大きかったことを意味するので、 $S(T) < 1/R_0$ のもとで R_0 が大ききほどパンデミックは大きかった事になる。

4. SISモデルによる感染症の確率モデル

前節までは、常微分方程式で記述される確定的な感染症の決定論モデルであった。感染症の伝搬プロセスを確率微分方程式で記述する確率モデルをKovacevic(2018)に依拠して紹介する。確率制御の伝統に従い、この節では状態変数として $X(t)$ を時刻 t での感染者の比率、 $Y(t)$ を感受性を持つ人口の比率とし、 $X(t) + Y(t) = 1$ が任意の時点 t で成立している。SISモデルの利点の一つは、 $Y(t) = 1 - X(t)$ であるから状態のダイナミックスを1変数 $X(t)$ に退化できることである。 $X(t)$ のダイナミックスは、次の確率微分方程式で与えられる。

$$\begin{aligned} dX(t) &= \beta X(t)(1 - X(t)) - \gamma X(t)dt \\ &\quad + \sigma X(t)(1 - X(t))dW(t) \\ &= (\beta dt + \sigma dW(t))X(t)(1 - X(t)) \\ &\quad - \gamma X(t)dt \end{aligned} \quad (37)$$

決定論モデルでは、 $dX(t) = [\beta X(t)(1 - X(t)) - \gamma X(t)]dt$ であったので、この式と(37)式とを比べれば確率モデルでは平均のパラメータ βdt に $\sigma dW(t)$ が追加されている。すなわち、感染率 β に不確実性が追加されているが、回復率 γ は決定論モデルと同一である。

また、決定論モデルでは2つのパラメータ β と γ によって状態のダイナミクスと基本再生産数が記述されたが、確率論モデルでは3つのパラメータ β , γ , σ により状態の推移が規定される。この3つのパラメータにどんな影響を与えることで感染症を制御することが可能となるかが、政策当局の仕事となる。確率モデルでは、 $X(t)$ の真の値を現実的には観測できないので $X(t)$ の確率分布を推定することになる。 $X(t)$ の確率密度を $p(x, t)$ とする。 $t = 0$ に対して、 $p(x, 0) = p_0(x)$ とする。 $p(x, t)$ はFokker-Planckの方程式

$$\frac{\partial p(x, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}[(\beta x(1-x) - \gamma x)p(x, t)] + \frac{1}{2}\sigma^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2}[x^2(1-x)^2 p(x, t)] \quad (38)$$

を満たす。ここで、 $A(x) = \beta x(1-x) - \gamma x$, $B(x) = \sigma^2 x^2(1-x)^2$ とおけば、境界条件は

$$A(1)p(1, t) - \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x}[B(1)p(1, t)] = 0 \quad (39)$$

密度関数 $p(x, t)$ の定常密度を $p_s(x) = \lim_{t \rightarrow \infty} p(x, t)$ とすれば、 $\lim_{t \rightarrow \infty} dp(x, t)/dt = 0$ より、(38)式は

$$\frac{\partial}{\partial x}[A(x)p_s(x)] = \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2}[B(x)p_s(x)] \quad (40)$$

となる。(40)式を解けば、

$$p_s(x) = C e^{-\frac{2\gamma}{\sigma^2(1-x)}} (1-x)^{2(1-\frac{\beta-\gamma}{\sigma^2})} x^{2(\frac{\beta-\gamma}{\sigma^2})-1} \quad (41)$$

となる。ここで C は $\int_0^1 p_s(x) dx = 1$ を満たす値である。

命題 1. (41)式の C が存在するための必要十分条件は、

$$R_1 \equiv R_0 - \frac{\sigma^2}{2\gamma} > 1, \text{ すなわち } \beta - \frac{\sigma^2}{2} > \gamma$$

である。

(注) 確率モデルの基本再生産数 R_1 は接触率の不確実性のパラメータ σ にも依存し、決定論モデルの基本再生産数 R_0 よりも小さく評価される。 $R_1 \leq 1$ ならば、定数 C が存在しないので(41)式が定常分布とは限らない。

命題 2. もし、 $R_2 \equiv R_0 - \sigma^2/\gamma \geq 1$ ならば、定常密度は存在し、

$$\lim_{x \rightarrow 0+} p_s(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } R_2 > 1, \\ C e^{-\frac{2\gamma}{\sigma^2}}, & \text{if } R_2 = 1 \end{cases} \quad (42)$$

(注) 命題 2は、 $x \rightarrow 0+$ の時の定常密度を示している。

$R_2 > 1$ の時、感染症が死滅する確率は 0 である。

$R_2 = 1$ の時、感染症が死滅する正の確率が存在し、変動のボラティリティー σ が大きくなれば感染症が死滅する確率は大きくなる。

定理 1

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p(x, t) = \delta(x), \quad R_1 \leq 1 \text{ の時} \quad (43)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p(x, t) = p_s(x), \quad R_1 > 1 \text{ の時} \quad (44)$$

(注 1) 平衡状態で感染症の終息を達成するために R_1 を構成する3つのパラメータをいかに設定すべきかの問題への一つの回答を定理 1 は述べている。

(注 2) $R_0 > R_1 > R_2$ の大小関係が成立するので、 $R_0 < 1$ ならば R_1 と R_2 も1より小さい。 $R_2 > 1$ ならば R_0 と R_1 も1より大である。 $R_2 < 1$ で $R_1 > 1$ ならば定常分布は存在するが、 $x = 0$ で非有界である。

5. 感染症の制御問題

前節までは基本再生産数 R_0 の分子である接触率 β を制御する問題を主として議論した。この節では、回復率 γ をコントロールすることでの感染症の制御問題を考える。感染症を終息させるためのパラメータ α , β , σ の値の適正な組み合わせを選択することが意思決定者の仕事である。医療施設の容量等を充実させることで回復率を高めることが可能であるでしょう。制御変数 $u > 0$ は追加的医療容量とし、この時の回復率 γ は

$$\gamma = \gamma_0 + u$$

である。 u が追加された回復率は定理 1 の仮定($R_1 > 1$)を満足するとする。 u の下での定常密度を $p_s(x, u)$ とし、感染者数を $X_u(t)$ としたときの費用関数を $K(X_u(t), u)$ とする。定理 1 より、定常密度が存在するためには

$$R_1 > 1, \text{ すなわち } 0 \leq u < \beta - \frac{\sigma^2}{2} - \gamma_0$$

が成立する必要がある。これを満足する u に対して単位時間当たり期待平均費用 EAC(u)は、

$$\begin{aligned} \text{EAC}(u) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \mathbb{E} \left[\int_0^T K(X_u(t), u) dt \right] \\ &= \int_0^1 K(x, u) p_s(x, u) dx \end{aligned} \quad (45)$$

となる。問題は、EAC(u)を最小にする u を選ぶことである。(38)式の解析解がないので u の最適解を解析的に求めることはできないが、数値的に求めることは可能である。もし $R_1 \leq 1$ ならば、 $\lim_{t \rightarrow \infty} p(0, t) = 1$ であるので、

$$\text{EAC}(u) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \mathbb{E} \left[\int_0^T K(X_u(t), u) dt \right] = K(0, u) \quad (46)$$

である。(45)式の EAC(u)が u に関して凸または単峰

型ならば、最適な u は $u = 0$ か $\beta - \frac{\sigma^2}{2} - \gamma_0$ たは区間 $(0, \beta - \frac{\sigma^2}{2} - \gamma_0)$ の内点である。 $u = \beta - \frac{\sigma^2}{2} - \gamma_0$ ならば感染症は消滅するので、この u 以上に回復率を高めることはコストの観点から不要である。

[数値例]

費用関数を線形とした簡単な数値例から最適な u^* を調べることにする。 c_1 を回復率を u 単位増やすための感染者一人当たり単位時間あたり治療費、 c_2 を感染者一人当たりの費用、 c_0 を回復率を一単位増加させる設備費用とする。 c_0 は u のみに、 c_2 は感染者数 x のみに、 c_1 は xu に比例していると仮定するので、治療水準と回復率の関係は線形である。パラメータは先と同様に $\beta = 1.3$, $\gamma = 1$, $h = 5$, $\sigma = 0.5$ とする。費用については

ケース 1 : $c_1=0.5$, $c_2=0.5$, $c_0=5$,

ケース 2 : $c_1=0.5$, $c_2=0.25$, $c_0=15$

とする。これらの数値に対する最適な u^* は次のとおりである。ケース 1 の場合は、 $u^* = \beta - \beta^2/2 - \gamma_0$ 。すなわち、医療容量を上限で使用することで感染症を消滅させる。ケース 2 の場合は $u^* = 0$ である。すなわち、 c_0 が高額であるため自然回復率に任せる。

6. 結びに代えて

感染症モデルの重要なパラメータは、接触率 β (確率モデルでは σ が追加) と回復率 γ である。感染症は人と人との接触により感染拡大をするので、感染症との闘いは人と人との接触を減らすことに依存せざるを得ない。社会的距離を保つ政策は、パンデミックに対抗する有効な手段である。一方、有効な治療や医療設備の拡充は回復率を高めるが、医療設備の容量は過去の平均的なデータに基づいて用意されているので、急速な感染拡大には短期的には対応が難しい。決定的なワクチンや有効な治療方法が確立されていない状況では、政府の取るオプションは次の 2 つが考えられる。

1. 高齢者や基礎疾患のある人を重症化 (死亡) するリスクにさらず覚悟で、国民の多くが集団免疫を獲得するまで、社会経済活動を維持する。
2. 感染症の流行が収束するまで、人々の社会経済活動を大きく制約しロックダウンや非常事態宣言を実施する。

社会経済活動と健康被害との間の価値の交換として

のトレードオフが存在するとするためには、健康被害や人命を何らかの数量的尺度で換算することが可能であることを前提としなければならない。一つの数量的換算手法として VSL(Value of Statistical life)法が考えられるが、これを適用するにはトリアージュも含めた合意形成が少なくとも必要であろう。我々の数理モデルとしての SIR モデルを新型コロナに適用することが妥当ならば、感染防止のための政策は $S(t) < \rho$ および基本再生産数 R_0 が 1 より十分小さくなるまで継続すべきであるとモデルは主張している。上述の 2 つのオプションは、オプションの実行順序とタイミングが重要であると教えているように思われる。

参考文献

1. 西浦博・稲葉寿, 2006, 感染症流行の予測: 感染症数理モデルにおける定量的課題, 統計数理第 54 巻第 2 号, 461-480.
2. 土谷隆, 新型コロナウイルス感染症の広がりに関する一考察. working paper, 2020 年 5 月.
3. 佐藤公俊・澤木勝茂, レベニューマネジメント, 共立出, 2020 年 11 月.
4. Mulligan, C.B., 2020, Economic Activity and the Value of Medical Innovation during a Pandemic. National Bureau of Economic Research, Working Paper, 27060.
5. Jones, C. J., Philippon, T., and Venkateswaran, V., 2020. Optimal Mitigation Policies in a Pandemic: Social Distancing and Working from Home. National Bureau of Economic Research, Working Paper, 26984.
6. Pindyck, R.S., 2020, COVID-19 and the Welfare Effects of Reducing Contagion, National Bureau of Economic Research, Working Paper, 27121.
7. Grandits, P., Kovacevic, R., Veliov, V., 2019, Optimal control and value of information for a stochastic epidemiological SIS-model, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 467, 665-695.
8. Kovacevic, R.M., 2018, Stochastic contagion models without immunity: their long term behavior and optimal level of treatment, *Central European Journal of Operations Research*, 26(2), 395-421.
9. Oum, T.H., Wang, K., 2020, Socially optimal lockdown and travel restrictions for fighting communicable virus including COVID-19, *Transport Policy*, 96, 94-100.

<JAROS2020 研究発表大会シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」
セッション1: 感染症モデルセッション 講演要旨>

SEIR モデルを用いた感染シミュレーションと 経済影響の評価

井上 剛

(株式会社三菱総合研究所 セーフティ&インダストリー本部)

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症への対応として、感染による影響を抑制しつつ、経済活動への影響を最小化することが必要とされているが、両者の適切なバランスを取ることは必ずしも容易では無い。本発表では、感染症数理モデル (SEIR モデル) とマクロ経済モデルの組み合わせにより、今後想定される防疫対策シナリオ下での両者のトレードオフについて分析した結果を紹介する。本発表は、2020年4月および7月に公表した新型コロナウイルスに関する提言 [1][2] をもとにしている。

2. モデルの構造

図1に、本シミュレーションにおいて用いたモデルの構造を示す。共通シナリオとして、外出抑制などの防疫対策をどの程度の強度で、どの程度の期間実施するかを「厳格度」と「対策期間」の2つの変数により設定した。

共通シナリオに基づき、感染症数理モデルを用いてシナリオ毎の感染動態を評価した。このモデルでは、感染者数の動態を時系列でシミュレーションしている。モデル構造は一般的に用いられている SEIR モデルとし、首都圏 (東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県) 全体を一つの集団として計算を行った。

同じシナリオに基づいて、経済影響評価モデルを適用し、防疫対策シナリオに応じた経済への影響を評価した。

本モデルは、共通的なシナリオのもとで感染動態と経済影響を個別に評価するものであり、それらの相互作用は考慮していないことに留意が必要である。

2.1 感染症数理モデル

感染症モデルとして用いた SEIR モデルは典型的な感染症数理モデルであり、新型コロナウイルスの分析においても用いられている [参考 3][参考 4]。同モデルは常微分方程式により表される。人口を以下

に示す S,E,I,R の4状態に分割し、時間発展によって状態間の遷移を評価している。

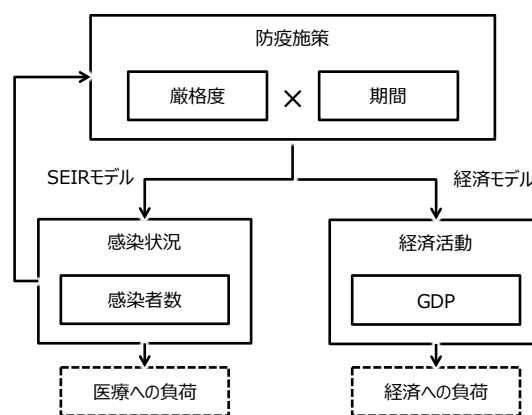


図1: 防疫対策-感染状況-経済活動の統合シミュレーションの構造

(出所: 三菱総合研究所)

- S: 感染前の状態 (Susceptible)
- E: 感染症に曝露したものの他人への感染性を有さない状態 (Exposed)
- I: 他者への感染性を有する状態 (Infectious)
- R: 回復して免疫を獲得あるいは死亡した状態 (Removed または Recovered)

方程式系は、時間 t を独立変数として以下の式により表される。

$$\begin{aligned}
 \frac{dS(t)}{dt} &= -\beta S(t)I(t), \\
 \frac{dE(t)}{dt} &= \beta S(t)I(t) - \sigma E(t), \\
 \frac{dI(t)}{dt} &= \sigma E(t) - \gamma I(t), \\
 \frac{dR(t)}{dt} &= \gamma I(t),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

パラメータのうち σ 、 γ は時間・場所による変動が少ないと考え、既存文献をもとに固定値として設定した。E から I への遷移係数は、Walker et al.[3]を参考として $1/\sigma=4.6$ 日と設定した。この数値は潜伏期間の長さとして解釈される。E から R への遷移係数は、Kissler et al.[4]を参考として $1/\gamma=5.0$ 日と設定した。この数値は他者への感染性を持つようになってから回復までの日数を表している。 β は感染のしやすさのパラメータであるが、これは対策状況により時間変動すると考え、実測の感染者数をもとにパラメータ推定を行った。

本評価では SEIR モデルの最も単純な形式を用いたが、研究事例によっては、政策による検査・隔離のプロセスを考慮する、係数が他の外部要因により決定されるなど様々なバリエーションが存在する。

2.2 経済影響評価モデル

経済影響評価モデルの構成を図2に示す。今回のシミュレーションでは、将来期間において取得できるデータが限定的であるため、簡易的なモデルを採用した。

本モデルは、防疫対策によって国民の行動パターンが変化し、行動パターンの変化によって経済活動が変化する、というプロセスを順に評価するモデルとなっている。防疫対策、行動変化、経済活動の関係性を分析した上で、関係式を構築し適用した。1次的な GDP への影響に加えて、雇用・所得変化による2次的な影響も推計した。

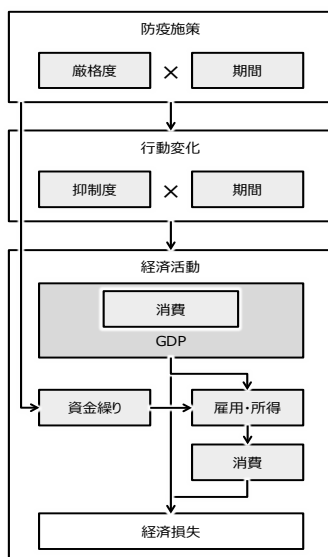


図2：経済影響評価モデルの模式図
(出所：三菱総合研究所)

関係式の構築にあたっては、防疫対策の厳格度に関

しては Oxford University によるデータ[5]を、行動については Google によるデータ[6]を用いた。支出データに関しては、消費支出は総務省世帯消費動向指数 (CTI ミクロ)、GDP は日本経済研究センターの月次 GDP を用いた。

3. 分析結果

上述のモデルを用いて、首都圏において今後想定される防疫対策シナリオのもとでの感染動態と経済影響について分析を行った結果を示す。

3.1 過去の感染動態の分析

シナリオシミュレーションに先立ち、SEIR モデルを用いて過去の感染動態を分析した。感染者数は厚生労働省による情報をもとに東洋経済オンラインによって作成・公表されたデータ[7]を使用した。

7 日間を1ブロックとして、ブロック毎にモデルと実測の感染者数を最小二乗法によりフィッティングし、感染の速さを示すパラメータ β を計算した結果を図3に示す。感染の速度を示す β (下図)は、緊急事態宣言の発令期間中は低下しており、拡大と縮小の閾値である 0.2 (実効再生産数 $R_t=1$ に相当) を下回っている。

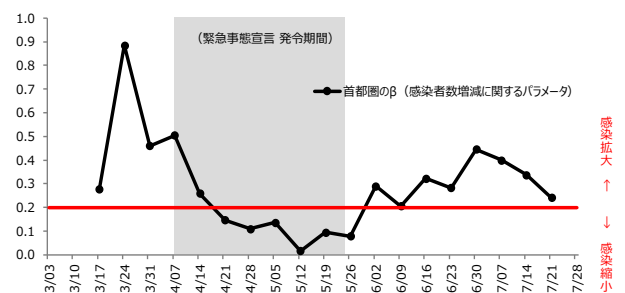


図3：首都圏において推計された β の時系列
(出所：三菱総合研究所)

3.2 シナリオシミュレーション

今後あり得る対策のシナリオとして、表2に示す5種類を設定した。①は対策無し、②は厳格な対策を永続的に導入した場合である。これらは実際に適用される可能性は低いが、参考ケースとして設定した。③④⑤は、一定期間で厳格な対策と解除を繰り返すケースとした。これらは現実的に可能性のあるケースと考えられる。

SEIR モデルにより得られた感染者数の時系列を示す。シナリオ③、④、⑤では、対策の厳格化と緩和を繰り返すことにより、感染者の爆発的増加を防ぐことができる。一方で、集団免疫の獲得までは長期にわたって感染者が発生する。

表2：防疫対策に関するシナリオ設定

		設定	
シナリオ①	緊急事態宣言解除後の状態を継続（感染爆発）	緊急事態宣言解除後の増加ベース $\beta_{inc} = 0.316$ を継続	
シナリオ②	厳しい接触制限措置を再導入（短期抑止）	緊急事態宣言後の減少ベース $\beta_{dec} = 0.120$ を継続	
シナリオ③	感染者数が一定範囲におさまるように緩和と制限を繰り返す	大波	新規感染者数が1,000人に達するまでは上記 β_{inc} 、50人に落ち着くまで上記 β_{dec} を繰り返す
シナリオ④		小波	新規感染者数が250人に達するまでは上記 β_{inc} 、50人に落ち着くまで上記 β_{dec} を繰り返す
シナリオ⑤		緩やかな小波	新規感染者数が250人に達するまでは $\beta = 0.258$ 、50人に落ち着くまでは $\beta = 0.160$ を繰り返す

(出所：三菱総合研究所)

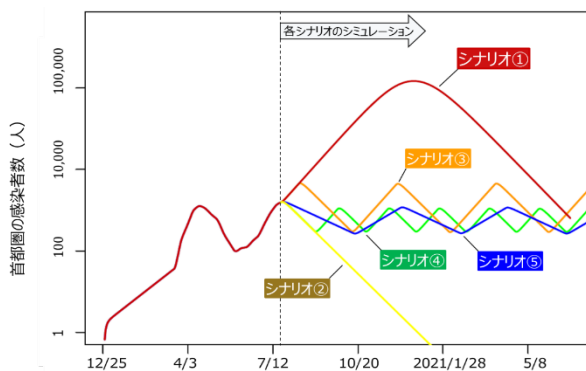


図4：SEIRモデルによるシナリオ別感染者(2020/7/12時点での将来シナリオ計算)

(出所：三菱総合研究所)

3.3 シナリオ毎の経済影響

同じシナリオ下、防疫対策によって生じるGDPへの影響を評価した結果を表2に示す。シナリオ③、④はGDPの下振れ幅はほぼ同じであるが、③の方が長期にわたりその水準が継続する。④と⑤の比較では、⑤のほうが下振れ幅は小さいが、継続日数が大きい。GDPの下振れにより、倒産や解雇のリスクも高まると考えられる。

表2：シナリオ毎の経済影響の評価結果

シナリオ	GDP下振れ額(年率)	日数
シナリオ③	▲17.0兆円	62日
シナリオ④	▲16.3兆円	32日
シナリオ⑤	▲13.3兆円	70日

(出所：三菱総合研究所)

4. 考察

新型コロナウイルスに対する防疫対策に関するシナリオを想定し、シナリオ下での感染動態についてSEIRモデルにより評価を行い、経済影響についてマクロ経済モデルにより評価を行った。

本評価では単純なモデル化を用いており、今後想定される様々な種類の対策や、特定の業種や人口グループに限定した対策を評価するためには、必要に応じて詳細化を行うことが必要と考えられる。一方で、モデルのパラメータ推定において必要となる感染者数は日単位かつ自治体単位でのみ得られる小規模なデータであり、感染動態に関係すると思われる多数の要因の複雑な依存関係をデータのみから推定することは簡単では無いと考えられる。

モデル分析結果より、対策強度の強弱の組み合わせによって、感染者数を一定範囲に抑制する必要がある。今後必ず生じると考えられる感染者増加局面において、医療キャパシティの確保、リソースの効率的な運用等により、医療崩壊を回避する必要があると考えられる。また、いずれのシナリオでも一定規模の経済影響は避けられない。経済影響を可能な限り軽減するための対策が必要であると考えられる。

参考文献・資料

1. 株式会社三菱総合研究所、新型コロナウイルス各国施策分析レポート4：SEIRモデルによる各国施策の分析、2020年4月1日。
<https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20200424.html>
2. 株式会社三菱総合研究所、感染が再拡大、ウィズコロナ下での防疫施策のあり方、2020年7月30日。
<https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20200730.html>
3. Walker PG, et al. (2020), Report 12: The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression. MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis.
4. Kissler SM, et al. (2020), Projecting the transmission dynamics of SARS-CoV-2 through the postpandemic period, Science.
5. Oxford University, Oxford COVID-19 Government Response Tracker, URL: <https://covidtracker.bsg.ox.ac.uk/>
6. Google, COVID-19 Mobility Reports URL: <https://www.google.com/covid19/mobility/>
7. 東洋経済オンライン、新型コロナウイルス国内感染の状況 URL: <https://github.com/kaz-ogiwara/covid19>

<JAROS2020 研究発表大会シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」
セッション 2: JAROS 法人会員基調講演 講演要旨>

ポストコロナ時代に PropTech がもたらす成長戦略

武藤 英明

JPMC グループ CEO

日本管理センター株式会社 代表取締役 社長執行役員

1. はじめに

今日はポストコロナ時代に PropTech がもたらす成長戦略、コロナに対する当社の取り組み、またこの新しい大災害に対してどのような戦略で進んでいこうかということにつきましてお話をさせて頂きたく存じます。

まず、3つのパートに分けて、まずは、直近のコロナショックへの対応について、次に、ポストコロナ時代の JPMC 成長戦略と題して、コロナのみならず我々賃貸住宅業界において、どういう戦略で成長していくかことを3つに分けてお話ししたいと思います。1つは、マーケットのお話、1つこのコロナのおかげで培ってきた PropTech をどう活かして成長させていったかということについてお話ししたいと思います。最後に、具体的な成長戦略についてお話しします。3つ目に、我々は幹部社員に SDGs のバッジの着用を義務付けておりますが、企業としてどのような ESG、サステナビリティを求めた経営をしていくかという話にさせて頂こうと思います。

2. コロナショックへの対応

まずは、直接的なコロナ対応についてございます。我々のビジネスモデルについてお話させて頂きます。前回のセミナーでもお話しさせて頂きましたが、キャッシュアウトが先行するビジネスではありません。いわゆる一般の不動産業やディベロッパーの仕事とはだいぶ違いますし、累積のインカムゲインやキャピタルゲインがメインの一般的な建築業者やディベロッパーとは毛色が違います。彼らはキャッシュアウトが先行するビジネスですが、我々は、翌月の家賃が前月に入ってくるというキャッシュフローを主な収入とするサブリース業が主体です。それでキャッシュインが先行しますので正直言いますと、コロナに関して、足元で言うと、大きな影響はありません。

もちろん、おっしゃる通り皆様が最近よく我々に入居が減ったと言ってこられるのですが、その分退去も減りましたので基本的には賃料収入はイーブンになっています。

当社は特に在庫を抱えたりしておりませんし、約50%台の当社の自己資本比率が示す通り、資金繰りの影響というのはありませんので、当面の間、足元この状態がずっと5年も10年も続けば話は別ですが、直近の2年3年の話をしますと、特段今のところ影響がありません。

懸念している事項もありました。例えば、滞納する人が増えるのではないかと、外食産業や観光作業に従事されている方が、収入が目減りし、家賃が払えないのではないかとこういう危惧を持ちました。また我々の物件数の5%近くは高齢者向けの賃貸、サービス付き高齢者向け住宅となっており、やはりあれだけクラスターが老人向けの施設で発生しましたので、今後の入居は促進できないのではないかと、この2点が大きな危惧でした。結論から申し上げますと、杞憂に終わったというのが今のところです。

例えば、コロナ後に JPMC ファイナンスで行われた滞納保証事業、これにおける家賃滞納率のアップは、0.17%で、正直に申し上げますと殆ど影響がなかったということになります。

ハウスメーカーさんの子会社のサブリース会社さんなどで、よく家賃の支払い猶予というのを実施されたりしており、実は我々もその検討をしましたが、所詮、それは繰り延べに過ぎません。いずれは支払わなければならない。また線引きやシステム対応は難しいということで、これをするぐらいであれば丁寧にせつかく各自治体さんや厚労省産で設定をされていらっしゃる住居確保給付金、これを地域ごと我々の物件は北海道の北見から沖縄の石垣島まで47都道府県にございますので、丁寧に各自治体の住宅確保

給付金などの支援制度をご案内していくことをやらせて頂きました。実は予想した程ではなかったのですが、もちろんお電話があったら、真摯に一件、こういったご紹介する、個別の事情に対して対応するというのをさせて頂きました。

例えば4ヶ月滞納され、万が一追い出されてしまったりすると却ってご入居の方が大変になります。そういった危機感もあってか、テレビではよく家賃の滞納、支払い問題と言われましたがあの家賃というのはテナント賃料、店舗の話でして、住居の方の家賃については、当社に限らず、大きな問題に今のところなっていない、というのが現況です。

また、社内的なコロナウイルスに対する感染対策、発生からおおむね半年以上経っておりますが、おかげさまで、結論から申しますと231名の社員中、パートタイマー社員1名の感染に抑えられているということから見ても、今のところ、コロナ対策は成功裏に進んでいるのではないかと考えております。

次に、働き方改革と、一番課題だったのが営業手法の確立でございます。

まず、社内の方ですが、テレワークの実施です。様々な職種がありますが、大きく分けると渉外担当の営業マン、それから内勤+フィールドに行くプロパティマネージャー、物件の運営担当者、それとグループセクレタリーやファイナンス、アドミニストレーションを始めとした内勤者、この3つに大別できますが、この内勤者に関しては、完全に7割以上のテレワークを実施し、今後も続けます。

これはいくものメリットがあります、実は、これが順調にいったのも、昨年まで PropTech カンパニーにしていこうと、我々のこれから生き残る道は、後ほど詳しく話しますが、1人あたりの効率を上げることだと、これには PropTech が不可欠だとアナログの手法ではなかなか確立できないということで、PropTech 化の準備を昨年末までにしておりました。3年かけて投入していこうと考えたのですが、想定外のコロナによって、3ヶ月で導入しなければならなくなり、正直申し上げて種々問題が発生しました。大きく分けると、この内勤者のテレワークに当たって、問題が2つありました。

第1に、3割しか出社していない人間が100%の電話を受電するのは非常に厄介な作業でした。

第2が、紙ベースでの書類のやり取りに当たり、ファックスであったり請求書であったり、各種の届け出、こういったものは紙ベースでだいぶ社内に残っております。

この処理を、3割という少数の人員で行わなければならない、紙と電話、この2点となっております。

1つ目の電話については、ソリューションとして Cloud PBX、今のところは Dialpad を導入して、テレワークで、自宅で勤務されている方も外線を受電できるようになりました。しかも、効能もあり、本来は9時から18時までだったのですが1時間ずつ前後し、10時から17時の対応にさせて頂き、その代わり時間外に着電があった分には、我々からコールバックして、お客様にご連絡をする、つまり、連絡漏れのないようになりました。そのようなプラスの効果がありました。

それから、これは社内的には言いづらいのですが、どの社員が積極的に受電していて、どの社員が、受電対応をなかなかしないというのが、一目瞭然で分かるようになりました。労働の均一化にも寄与したのではないかと思います。

あと、オフィスでは、モニターを2つ使います。自分のパソコン用のモニターともう1つ、サブモニターとして、基幹システムやデータベースを見ながら入力画面を見る作業ができるにしました。

当初は、コンピューターだけ、パソコンだけ、各自に与えたので入力画面とデータベースの画面が同一の16インチの画面なので、1回出して見て消して、出して見て消してという作業が、非常に効率が悪いと生産性の低下につながるという意見があったので、瞬時にモニターが市場から消えたのですが、思い切って、なんとか人数分モニターを確保して、必要な人に、もちろん作業場の近くに最新型の液晶タイプのテレビがあつてつなげば見られるとして、置き場が邪魔なので配布しませんでした。ほとんどの方に、ダブルモニターで、ほぼオフィスと同じような環境で作業できるという環境を提供しました。

これによって生産性をそこまで下げずに業務の遂行が可能になったということです。

次に、副次的な効果について話します。まず、大阪にありました、我々のグループ会社、みらい少額短期保険株式会社、あるいは新設した株式会社 JPMC ワークスというリフォーム会社、これら全部を東京本社に置くためには、別にオフィスを構えなければいけない、増床しなければいけないという局面でした。ただし、これをテレワーク70%実現、営業は直行直帰、こういうことをフリーアドレス化することによって、事業所のスペースを縮小、同じスペースでたくさん人を収容できるようになりました。今後は、これをさらに進めてオフィスを拡張せずに事業は拡大していこうとしています。これも当たり前ですが、販管費の低減に結びつきます。

それから、駐車場のスペースもこの際見直しをしようと思いました。これは別の良い点がありまして、

私は、39年前、昭和63年大学卒業で当時は、車の運転が上手じゃないと女性にモテないということで相当一生懸命練習したのですが、今は、うちだけじゃないと思いますけど、若い社員さんに、かなり頻繁にぶつけて頂いて、自動車保険の等級が最悪に近いところまで落ちました。これは社会的には問題でした。そこで、オフィスの増床をしない、それから駐車場スペースも、カーシェアやレンタカーを使うことによって、必要な部分だけで車を使い、あとは公共交通機関で移動することにしました。そうしますと、例えば、席が指定されている特急列車であればまさにその指定席が、オフィスに変わる、一種のテレワークができるということで、今後は社員の安全面からも、自動車保険支出の無駄からも、社有車をゼロにしていこうとしています。排出する二酸化炭素の低減にも間接的には結びつくと思いますので、まずは、2021年度には、50台だったと思いますけれども、それを20台に低減させようとしています。

こういったコストの低減は、災い転じて福となすということで、我々は、いろいろな意味でコロナを良い意味で活用して少しでも事業の拡大やオーナー様の収益を上げていこうと考えています。

次は、我々の営業手法の確立問題です。これは、実は社内的なことよりもさらに問題が大きくて大変なのですが、まず、我々の営業は2種類、つまり「ダイレクトセールス」と「インダイレクトセールス」があります。ダイレクトというのは、東京、名古屋、大阪札幌、これらの主要都市で、我々はダイレクトに銀行のご紹介で、お客様である賃貸オーナーにアプローチして受託、受注してくる手法です。これが後発ですが、全体の2割です。残りの8割が「インダイレクト」で、1,400社のパートナー、いわゆるFCです、不動産業者さん700社、建設会社さんが600社、介護会社さん100社のネットワーク、これを通じてマーケットにアプローチします。この2つは、損保営業と生保営業に対応すると言ったらわかりやすいでしょうか。

また、営業スタイルとして、代理店スタイルと、直接営業マンを雇用してアプローチするスタイル、この2種類があります。インダイレクトが8割ですから主流です。ここの部分は、お客様であるオーナー様に行く前にパートナーさんと打ち合わせ協議してからアプローチしますので、2度1件の営業で行かなければならないのですが、このパートナーの訪問の方は、アプリを使って、主にはLINEやZoomを揃えました。このLINEやZoomを中心に社外の方とコミュニケーションを取っております。社内ではTeamsを使っておりますが、こういったアプリを使うことに

よって、今までは車で移動してパートナーのところに行かなくてはいけなかったのですが、それについては1日6件だったところ、12件訪問できるというメリットは大きく、これはすぐに効果が出た部分ですが、相手が契約関係にありパートナーですからこれで済んだわけです。

問題は、我々の大切なお客様である賃貸オーナー様、ご想像に難くないと思いますが年齢層が比較的高い方でして、この100%、パソコンやスマートフォンでのアプリでという手法がなかなか難しいのです。

営業手法は、①WEB会議、②オーナー訪問とWEB会議併用、③直接訪問の内、③しかありません。直接、パートナーさんの社員と我々の営業社員と一緒に訪問して営業をするのがメインです。ダイレクトならば直接訪問します。東京の営業マンが東京のお客様に行く、大阪の営業マンが大阪に行く、あるいは、名古屋の営業マンは名古屋に行く、これはあまり問題ありません。問題は例えば、一時期、感染者ゼロで有名になりましたが、岩手県のオーナーさんの所へ仙台支店の営業マンが行く、福岡支店の営業マンが宮崎県に行くというのは、障害が大きいです。

うちの社員も、ガソリンスタンドに行ったら県外ナンバーだったので、周りの人に囲まれたなんて笑えない話もあったくらいです。ちょっと尋常じゃない事態も一時期見られました。我々はどうしても全国区で営業していますので、そういうことが起こりがちです。事業所がある場所は、札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島、福岡、那覇、営業拠点はこれしかありません。

でも、47都道府県でカバーしなければいうことは、県境を越えて営業するということが発生します。我々苦慮して、一番チャレンジしたいのは、①の完全WEBなのですが、これがなかなかその相手が投資家オーナーさんで40代30代であれば問題なら良いのですが、70代80代の地主オーナー様にこういったアプローチはなかなか難しいです。

そこで編み出したのが、②で示した「オーナー訪問とWEB会議」併用の手法です。1,400社のパートナーは47都道府県すべてにいらっしゃいます。そこでパートナーの社員さん、例えば長野県のオーナー様の所には長野県のパートナーさんに行って頂いて、そのパートナーさんのお持ち頂いている電子デバイスやパソコンで我々の営業社員がリモート営業する。このような、アナログとデジタルを組み合わせた営業手法を編み出しました。最初のうちはそれほど上手いかなかったのですが、だいぶものになってきました。

今後もこういった営業スタイルで対応しますと、パートナーの営業マンの方はオーナーさんともっと他の話もしたいので結局1時間、2時間になり、うちが話したい部分は30分です。ということは、この社員の営業時にはこのパートナーさんの社員の時は30分、次のパートナーの社員で30分というふうに、効率よく営業していけるということです。こういった営業スタイルの変更というのもありました。

あとは年間で、会社として200回近い各種セミナーをオーナー様、建設会社、不動産会社様、あるいは、介護会社様といったところにセミナーをやっておりました。リアルセミナーがなかなかしにくい環境が続いておりました。そこでWEB化を進めてきました。特に9月には、今まで既存のリアルセミナーをほぼ全てWEBに置き換えて、いつでもWEBからアーカイブでみられる状態にほぼなっています。

3. ポストコロナ時代 JPMC 成長戦略

次は、当社固有ですが、この業界において、これからの時代コロナにかかわらず、どうやって当社が成長戦略を描いてきたかを3つに分けてお話したいと思います。

まずは、このマーケット全体のお話、特に我々の将来、間違いなく競合社（コンペティター）となるような賃貸住宅のメーカーさん、これについてちょっとお話したいと思います。

それから、繰り返しになりますけども、やはりデジタルなテクノロジーを活用していきまないと、我々も、コストを抑えられませんか、PropTechをどう活用していくかについてお話したいと思います。

そして、その他のポストコロナの成長戦略として3つ目にお話ししていきたいと思います。

3.1 マーケットの概要

まず、当社のマーケットは、住宅全体です。37.6%が賃貸住宅のメーカー、2,339万戸ありまして、集金家賃が、約15兆円という大きなマーケットです。これはあまり知られておりません。しかも消費税の課税がない特殊なマーケットです。市場は大きいのですが、他方で人口が減って参ります。現在の1億2,600万人が2055年には9,744万人になると言われています。人口の減少は間違いなく不動産業界全体にとってマイナスのインパクトがあります。一戸建てや分譲マンションは、やはり下降の一途です。賃貸はどうか言うと、実は違うのです。これは後ほどお話します。その前に、我々の業界どんな事が起きたかといいますと、2017年度に、不動産に対する金融機関の融資残高が、72兆円になりました。

先ほど私、昭和63年に大学卒業と申しあげましたけれども、その頃は、バブルの絶頂期で、あの頃ですら不動産融資残高は44兆円です。このバブル現象に当局が危惧を抱かれたのか、不動産に対する融資が厳しくなっています。

さらに、カボチャの馬車という詐欺事件が発生した同じ18年に、今も問題になっていますが、建築偽装の問題、以来ハウスメーカーの建築基準法違反や、金融機関としてはスルガ銀行、西京銀行、西武信金さんなどが金融庁から色々なご指導を受けました。このような背景で、不動産に対する融資が非常に厳しくなってきました。投資にあたりなかなか全額融資がつかない、頭金が2割3割必要となる、あるいは地主オーナーでもきちんと資産価値がないと融資がなかなかつかないということで、初めて着工件数と融資金額が下がりました。プレハブのメーカーさんに対する不信、この2つが大きな要因だと思います。

逆に言いますと、メーカーさんと反対で、全く建てる、建てる論理ではなくて、住む論理でやっている当社としてはものすごく追い風です。追い風ですが、マーケットは大丈夫なのか。実は人口は大きく減っていますが、他方で世帯数は大きく伸びて、2000年に4,678万世帯、2030年には5,348万世帯になる見込みです。増えるのはシングル、単身者です。これらの人たちはお家をお買いになりません、賃貸です。あとは2人世帯、お子さんの数が確定してないカップル、間取りを今決定して分譲マンションを買うのは難しく、そういうときは賃貸になるのです。

あるいはお子さんが巣立って行かれたお年を召されたご夫婦。これまた今の家を、例えば、仕事上の都合で転居しなくてはいけないからといってこの家を手放してもう1回家を買うかと言うと、その仕事上の都合で移動されるときだけ賃貸に住まれます。

やはりこの2つは賃貸総合計で、1,000万世代となり、まだまだ賃貸マーケットというのは拡大傾向にあり、大丈夫だと確信しています。ただし、どうしても賃貸住宅、単身者独身者シングルと言いますと、皆さんおそらくで、1K、ワンルームだと思いきや、やっぱり増えている世代は40歳代、50歳代、60歳以上の単身者です。残念ながら若者ではありません。収入、生活レベル、収納を考えますと、とても3畳1間の狭い家にお住まいになりません。また、畳付きの2K、2DK、3K、3DK、そのような畳付きの部屋があっても使い勝手が悪いです。今はネット検索が主流ですからどんな部屋を探しているかは、ログをみればすぐにわかります。広い1K、1DK、1LDK、2LDKです。こういった部屋探しなのです。過去の、20年前30年前の建

築思想で作られた賃貸住宅は、今のマーケットに合わないのです。そして見逃せないマーケットは、やはりなんと言っても、高齢者向けの賃貸住宅ということです。この背景にあるのは、少子化、高齢化、晩婚化、結婚しない層の拡大、離婚率の増大、とこういったことがあるかとおもいます。

われわれは、現在 92,160 戸を借り上げていて、業界で 7 位が見えてきました。やっと、この会社を創業してから、プレハブのアパート賃貸マンションではオーナー様は儲かりませんよ、プレハブアパート賃貸マンションでは入居者満足を得られませんよ、これからよく考えた賃貸住宅を適切な地域を作る、20 年先が見えない地域なら、今の建築物の構造体を活かして 10 年延命する。あるいはもっと無理なら、サービス付き高齢者向け住宅（サ高住）を作る、それが無理なら作らない方がいいです。

というのも新築着工件数のなんと 4 分の 3 が、大東建託、レオパレス、積水、大和、現在レオパレスさんはお作りになっていないと思いますが、プレハブなのです。千載一遇のチャンスが訪れました。いっぱいエラーがありました。もう建てる論理は通用しない、今後はやっぱり住む論理、マーケットにあった物件作り、物件に変えなきゃいけないということです。

例えば、大東建託さんが家をお作りになって、大東建託パートナーズさんが管理し、いい部屋ネットさんが仲介されて、大東建託パートナーズさんが借り上げやサブリースをするのです。

積水ハウスさんが家をお建てになって、積水ハウス不動産さんが管理されて、シャーマンネットワークさんが仲介されて積水ハウス不動産さんがサブリースする。メーカーさんが建てるということを一歩前面に押し出した、建てる論理でありました。これを変えていかなければならない。やっぱりわれわれがオーナーに成り代わって代行者として、我々プロフェッショナルですから、この賃貸、この地域もっと作れる賃貸は、建築パートナーと組んで、もっと良い賃貸マンション、デザイナーズアパートを供給しようと考えています。20 年先のマーケットが厳しいところであれば、リフォームパートナーと組んで、我々が、経産省から表彰を受けた、2016 年スーパーリフォームを推進します。

あるいは、全体の物件の 5%弱は、サ高住ですけれども、高齢者向けの賃貸住宅、それも無理ならもうやめましょう、不良債権化するのを止めましょうと、こういう提案はですね、我々建築一切やっておりません、建築に関するキャピタルゲインはゼロです。そのため、オーナー様の立場で考えられる。しかも単に借り上げるオーナー様の代行者というだけじゃなく

てきっちり、地元の不動産屋さん、JP パートナー等を動かして、入居率アップ。あるいはサ高住であれば、フルサポートパートナーという介護会社を動かして入居率アップ、実際に我々がモデルチェンジして、かっこよく言いますと業界のゲームチェンジャーになっていこうと試みて当社を創業した次第でございます。

さて、将来を見てみますと、建てられなくなってくれば、当然 100 万戸 50 万戸とですね運営をされているプレハブメーカーさんの子会社も、主体になって運営するビジネスが主体になっていく、その時に活きるのが、従業員 1 人当たりの運用戸数つまり効率性です。おかげさまで我々建築部門を持っておりません。そのため、メーカーさんに比して高い効率性、つまり 1 人当たり 424 戸を運用させて頂いております。

運営を、1 人あたりの効率で高めるとどう違いがでるのかと言う方がいます。実は、会社の収益が上がるだけではありません。例えば、今、ライバルと競争した時により良い賃料をつけてオーナー様から借り上げしても、我々は効率が良い販管費率 6.1%、同業の不動産会社さんと比べても 1/20 の社員しかおりません。メーカーさんと比べたら 100 分の 1 です。そのため、販管費が低い、イコール、効率がいい、よってよい値段で借り上げられます。十分収益があがります。ここが大きな違いです。さらに、このアドバンテージを広げるために PropTech を十二分に活用して、1 人当たりの運用戸数を 1,000 にしていこうと考えています。

別の財務的な話をする、今販管費率は 6.1%ですが、これでも十二分にライバル企業と比べたら低いのですが、これをさらに 3%まで、この 10 年間で下げていこうとしています。こうすると、我々の一番大事なことは、最終的な査定で圧倒的な価格を示す。まずこれを PropTech と、もともとできているのはこの 1,407 社という専門のパートナーがいます。我々のコアな社員にパートを入れても 231 名です。

この 1,400 社のパートナーがいることによって北海道から沖縄まで、借り上げができ、均一なサービスをご提供できている訳です。

3.2 PropTech

ここで、先ほどから申し上げています、PropTech についてお話ししたいと思います

柱は 4 つあります。① Salesforce を軸にしたシステム改修、② WEB 改革、③ テレワーク(働き方)改革、④ AI プロジェクトです。うちの担当者、担当役員のナンバー・ツー・スリーをこのプロジェクトに入れているのを見て我々の力の入れようがわかる

かと思えます。まず、今まで JJMS という、オリジナルのガラケーといいますが、ガラパゴス的な我々のオリジナルの仕組みがあります。基幹システムです。

この JJMS のデータベースを活かしながら、いろいろなシステムと連携するためには当社の独自システムによって、Salesforce のような色んな連携を図ることができるシステムの方が良いと判断しました。Salesforce を基幹システムとすることと致しました。

今までの我々のオリジナルの仕組みは、データベースとして活用します。今のところ 8 割方の進捗がございませぬ。

さらに先ほど申し上げた働き方の改革、先ほどお話ししましたが、7割をテレワーク、それから、スーパーフレックスと言ってコアタイムなしの6時から22時までの勤務体系、その他いろいろな働き方も可能です。

あとは、WEB です。これは、今年のゴールデンウィーク後、5月に、反響が昨年比で4倍になりました。これはもちろん、当社の WEB 改革がうまくいったからということもありますが、5月のゴールデンウィークに地主オーナー様がお自宅にいらっしゃってよくネットをご覧になったというところが大きいと思えますが、4倍になりました。

もう一つが、先ほどの効率を進めるための3つの AI プロジェクトがあります。一つがカンパシーショナル(会話型) AI です。まず入居者のいろいろなお電話を8割方決まった定型のお電話ですから、これはカンパシーショナル AI が受ける。あるいは、査定業務を、機会が半分、人間が半分でやっております。最後の人間が計算している部分、このロジックを解析できれば AI 化できます。これも AI 化していこうと考えています。

さらにはこの入居者を入れるのか入れないのか判断する、入居審査、これも AI 化しようとしています。これらができると、事業効率がぐっと上がっていき、販管費率をまた下げることが可能になります。

全体像としては、データベースを Salesforce に、Salesforce を基幹システムとすることによって色々な連携を図ることを考えています。

MA (マーケティング・オートメーション) 戦略は、大手不動産会社からスカウトしたヴァイスプレジデントが今一生懸命取り組んでおりまして成果を上げております。

業務効率も時間数だけで言いますと例えば RPA の導入で営業文書の作成は1/30程度、家賃査定は1/90程度になりました。さらに、カンパシーショナル AI の導入によって会社の電話を1/2の時間にできます。そして入居審査も1/15程度になります。こういった

事業効率を上げる試みが PropTech の取組でございませぬ。

これは当社に限りませんが、スマート仲介の時代が間違いなく来ると考えております。24年前、ネット検索を活用して会社を創業し、この業界に入りました。当社は18年前に起業したのですが、今後は間違いなくスマート仲介になります。スマート仲介は何かと言いますと、大昔はリクルートさんが刊行していた「フォレント」という雑誌で物件を探して、不動産屋さんに行き、営業車によって内見をし、戻ってきてカウンターで重要事項説明を受けて契約という流れです。

大きく時代が流れたにも関わらず、「フォレント」の部分だけ変わって、雑誌からスマートフォンになっただけです。他の部分は変わっておりませぬ。ただし、それぞれの訪問件数は大きく変わってきました。これは20年前のデータとの比較ですが、不動産会社への平均訪問店舗数は3.5店舗から1.6店舗、平均内見数は9.1件から3.1件、探し始めてから契約に至る迄の期間は平均44日から18.7日になりました。

スマホ上でかなり意思決定をしているので、来店数や内見数が減ってはいますが流れ自体は変わっていません。

これが、国土交通省さんが認可された IT 住設、あるいはスマホが鍵になってオートロックをその時限で30分なら30分の間だけ開錠できるスマートキーがあります。我々もこの件については大阪ガスさんとビットキーさんと連携させて頂いております。

こういう方法で開錠して行けば、不動産屋さんとはわざわざ待ち合わせして時間を決めて物件を見に行くという作業は必要なく、好きな時間に管理会社さんに連絡しておけば、好きな時間に、誰とでも一緒に見に行ける、夜中でも見に行けることになります。また夜中で近隣が確認できなければ、ストリートビューや後日確認できるという時代がきます。

まず Line で我々に連絡が来ます。おそらく全員じゃないと思えますけど、ほとんどの方がわざわざ仲介手数料を払って仲介店に案内頂くという行為が激減すると思えます。

そしてビットキーをはじめスマートキーを持ってオートロックを解除して中を見て、そして自宅に戻って IT 住設を受けて登記サイン、クラウドサイン、忍者サイン等といったクラウドシステムで決済して、完了です。

クレジットカードで初期費用も支払えます。間違いなくこうした時代が10年内にくると確信しています。これなら仲介手数料が発生する余地が極めて少ないです。やっぱり見にも行かない、会いもしないで

不動産業者に仲介手数料をくれる時代は来ないと思います。

全員じゃないと思います。2割方は、ファミリーだったり、バックにこだわったりすると、仲介業者さんの手を必要とするシーンもあると思いますが、大方はこれで済むと、8割方、こういう時代が来ます。

そのため、大阪ガスさんやビットキーと組んでスマートキーの導入を図っています。五大ブランドのクレジットカード会社とはすでに契約を済ましており、家賃集金、初期費用の収納ができるようになっていきます。こういったことを踏まえて建てる論理の業界から住む論理の業界に、ゲームチェンジャーになって行こうとしています。これが我々の大きなビジョン戦略です。

3.3 その他の成長戦略

我々の過去を振り返ってみると、実は、リーマンショックの時は一番、業績を伸ばしています。もともと2002年、実質2003年創業です。IPOも2011年、東証2部に上場したのは12年、東証1部が14年です。そういう意味で、経済情勢が不透明な時にプラットフォームを拡大するのがチャンスなのです。

そういう意味で、ちょっと古いデータですが過去の四半期のデータでGDPが-27.8%、イギリスに至っては-60%という非常に驚愕の数字だったのですが、この時をまさにチャンスとして、災い転じて福となす、過去も、経済情勢の悪い時には数を伸ばした、経済情勢が良い時には戸当たりの収益を伸ばす。要は戸当たり収益を伸ばすか、数を増やしていくか、この2種類しかやることのないものですから、時代背景やマーケットの要求に合わせてやり方を変えてきました。

いまは、9万2,160戸ですが、早期に10万戸を突破していこうと考えております。過去最大の伸び率でございます。但し、我々取得したらすぐ収益が上がるというビジネスではありません。

これ申し込まれた物件は、平均入居率は大体44.1%です。新築は0ですし、だいたい既存物件は7、8割は入っております。その平均すると44.1%です。この物件を我々コストかけてノウハウを投入して入居率を上げていきます。そして、損益分岐点に到達して平均的には91.3%に到達させます。この時に収益がぐっと上がります。最初はコストをかけて埋めていきます。最終的にはずーっと継続して収益が上がっていくというモデルです。

このモデルを「サブリース・スクリプション」、サブスクなどと省略して社内では呼んでおります。

繰り返しですが、当社のやることは2つしかあり

ません。今の局面は間違いなくトップラインをあげるときです。そのことに努力をしております。ストックは裏切りません。累積商売で、必ず前年対比で下回らない。それに対してフローのビジネスは、時代背景で増減があり、変わってきます。今年はちょっとだけ減益になったのですが、これはフローに頼って収益を上げたためです。やはり今後はストック中心で行こうと考えました。おかげさまで、安定した自己資本比率あるいはROEを維持しており（2019年12月期は自己資本比率:50.3%、ROE:29.7%）、これによって配当性向も40%を維持しています。ステークホルダーさんに還元できる、社会貢献できる企業でこれからもあり続けようと考えており、そのためのSDGs、ESG経営の推進です。

4. ESG経営の推進

まずは、うちは地方もやっております。というよりも、地方からスタートしました。最初の一棟目は熊本にある54戸のSRCです。地方で、実は積極的に一括借上している会社は皆無でした。ブルーオーシャンで勝負をして、家賃単価も低く、収益も少ないのですが、ブルーオーシャンで勝負して数を集めてシステムを構築して、レッドオーシャンである東名阪で今勝負しているところです。

地方でやり続けたおかげで今、倉敷市さんから、入居が想定より進んでいなかった学生マンションですが、最初は借り上げ、そして議会で法案を通して頂いて入札になりました。当社が落札して、240戸という大型の物件を購入しました。単に購入するのではなく、レーティングされたSDGsソーシャルローンでこれを購入させて頂きました。さらに今年、株式会社JPMCワークスという建築免許を取得したリフォーム会社を首都圏に設立しました。これは、2016年に経済産業省から表彰を受けたスーパーリフォーム、今の構造を活かして新築並みの物件にすることによって入居者満足、オーナーの収益アップ、銀行さんの融資債権保全、すべてを叶えていこうとしました。2万戸以上実績があるのですが、10年の固定家賃保証をして提携銀行134行から10年ローンを引っ張ってくるというモデルで、これをさらに積極的に進めるために自前で首都圏ではリフォームを提案していこうとしています。

事例です。例えば今、ネット検索と申し上げましたが場所と間取りです。もちろんリフォームですから場所を変えられません。まずは間取りです。洋間にしないと埋まりません。畳の部屋では顧客がつかえません。狭い部屋だと厳しいです。例えばアパートであれば、二戸一に、二戸を一戸にまとめて広い部屋にし

す。

RC物件でも内外装を変更し、間取りを変更します。そしてネット検索で最終的に選ばれるためには、300から500の物件を絞っていきます。だいたいページビューで3ページ、35~36戸ぐらい、この時に、こだわり条件、設備がついてないと選ばれません。最終的に内見に行こうとご判断されるのは外装です。この外装の変更をだいたい1戸当たり、200万円、300万円、このケースですと、6,800万円の再投資です。そして銀行さんの融資が、元利均等3%、10年償却。10年当社が固定していますから、最悪でも利回り19.8%を保証しています。残債なので高利回りですけれども、最終的にもし満室なら21.7%の利回りになります。このような提案がスーパーリフォームです。

我々は、既存物件の借り上げが多いのでマーケットに困りません。このJPMCワークスも一つの大きな力、社会貢献モデルとなると信じています。

さらにはサービス付き高齢者向け住宅。我々その今までは作る、提案する、運用するという手いっぱいでしたが、今後入居者様サービスの一環として、ローソンさんと組んで移動店舗、のようなことも入居者様サービスとしてやらせて頂きます。

一括借り上げします。それからマーケティングします。行政と折衝します。プランニングします。運営する管理会社を連れてきます。融資のご相談にも応じます。こういうことをやらせて頂きたいと考えて

おります。

平均入居率の90%をこの間に165棟、5,687戸と、業界3位まで参りました。ESGの一環として、従業員さん、社員さんにやはり持っている力以上のものを出して頂こうということで全社員を株主にさせて頂いております。ハイブリッド株式報酬、RSとJ-ESOPを組み合わせたハイブリッド株式報酬を全社員に付与し、全員が我々の株式で資産形成し、ステークホルダー全体になって当社の事業を盛り上げて行くそのような取り組みをしております。

これは、あえて狙った訳ではないのですが、いま女性社員が45%を占めています。そこで、今年は、これまで幹部登用という面では非常に立ち遅れておりましたので、女性の執行役員や女性の管理職が私どもの会社には誕生しております。

若そうに見えますが私も昭和39年生まれですので、東京オリンピックの年に生まれております。当年とって56歳です。当社は役員社員問わず65歳が定年ですので私の任期はあと9年です。ステークホルダーの皆様には、ずっと継続して当社応援して頂ける、継続した事業拡大ができる成長戦略を今後も続けていきたいと考えております。

コロナ以外のお話も踏まえて、今回我々の成長戦略についてお話をさせて頂きました。長時間ご清聴誠にありがとうございました。

<JAROS2020 研究発表大会シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」
セッション 2: JAROS 法人会員基調講演 講演要旨>

当社におけるコロナ禍での取り組み

森中一郎

(株式会社エフアンドエム 代表取締役社長)

1. 会社の概要について

まず初めに、自己紹介を兼ねて、会社を紹介させていただきます。設立が1990年7月で、この7月でちょうど30年となりました。資本金9億5,000万円、売上高が前期75億6,306万円です。東京と大阪の両方に本社をもち、名古屋、福岡、仙台、札幌、沖縄に、事業所がございます。社員数がグループ全体で488名、エフアンドエムネット株式会社は100%出資のグループ会社です。

事業内容は、以下の通りとなります：

- 個人事業主及び小規模企業向け会計サービス、
- 中堅中小企業向け管理部門支援サービス、
- 中堅中小企業向け財務・補助金支援サービス、
- 会計事務所向け支援サービス、
- 社会保険労務士事務所向け支援サービス、
- ISO・Pマーク認証取得支援サービス
- クラウド型労務・人事管理システム販売
- 経営革新等支援機関業務

主に、企業のバックオフィスの支援サービスを提供しております。

2. フラワーメッセージの社名でスタート

当社の設立の経緯からお話いたします。今は、エフアンドエムと言う社名ですが、1990年にフラワーメッセージと言う社名でスタートいたしました。アメリカのビジネスモデルを日本で展開したのですが、個人の方のメモリアル・デーに、1,000円で蘭の花束を宅配するサービスです。これは、例えば生保営業職員の方のお客様の誕生日に、蘭の花をラッピングし発送代行するサービスです。お客様が喜んでくださることで人間関係作りが進み、保険販売に繋がり、結果的に営業職員さんの業績向上に貢献するというモデルです。大阪でスタートし、東京でも広まるようになりました。

このビジネスモデルはたいへんヒットしたのです

が、実は1990年というのは、ちょうどバブルがはじけた年にあたります。このフラワーメッセージは、生保営業職員さんの販売促進支援として、多くのお客様にご利用いただいておりますが、バブル崩壊後においては、個人事業主である営業職員さんは、このような販売促進費用を節約するようになりました。

このように世の中の景気が下降していく中で、当社も新しくシフトしていくビジネスを模索しまして始めたのが、記帳代行のビジネスです。

3. 会計サービス事業の開始

生保営業職員さんは個人事業主として確定申告をするわけですが、そのためには、領収書だけでも年間に1,000枚以上を整理しなければなりません。景気の悪い世の中になってきますと、個人事業主の間でこのような記帳代行サービスへのニーズが高まってきました。このようなサービスを月額3,000円で提供するにあたってのbreak-evenが、顧客数1万人でした。この目安で、1992年に記帳代行サービスを始めました。この事業は、現在顧客数7万人強に達しております。

4. With Corona 下での事業

ここで、今日のテーマであるWith Coronaの話になりますが、現状をお話します。そもそも記帳代行のサービスは、お客さまとのface-to-faceの業務を要する労働集約型の業務なのですが、当社では会計アプリを開発し、それを進化させております。With Coronaの状況では、このアプリを活用し、face-to-faceでなくても記帳代行サービスが提供できるよう体制を構築しております。この会計アプリ「カルク」は、お客様自身で記帳や確定申告もできるものですが、忙しくて時間が取れない、自分ですることに不安を感じると言う方は、全て当社へご依頼いただけるようになっています。また、本サービスへの契約締結そのものも、アプリを使ってWEB上で完結いただ

くことができます。今期上半期のオンラインでの契約数は契約全体の88.5%となりました。また、アプリの積極活用と電話による顧客フォローを強化しており、以前は面談して紙で契約していたものが、今はオンラインで24時間いつでも、契約が成立することもあり、今期は前期を上回る契約数に達しております。このように、コロナ禍への対応として強化したオンラインでの取り組みは、営業活動の軽減になっております。今までのように、お客様のところへ訪問しての face-to-face での面談は少なくなりましたが、オンラインと電話によりフォロー体制は以前より充実しているとの評価を受けております。お客様も会わないでサービスを受けることについて、少しずつ慣れられてきていると感じております。

5. コンサルティング事業

この事業は、1995年に始まったもので、従業員が5名から30名位の中小企業に対して、バックオフィスという総務・経理部門の支援をするサービスです。これは、生命保険営業職員さんからの、中小企業開拓の方法を考えて欲しいという要望からスタートしました。当初は、補助金・助成金の取り漏れが、日本の企業は海外の企業と比べて非常に多いということで、この補助金・助成金の取り漏れ診断を行うということで始まりました。今から25年前は、10社の企業の診断を行うと8社の企業が国からもらえる補助金・助成金の取り漏れがありました。手続きをすればもらえるものが、手続きをしなかったために取り漏れになっていました。ここがアメリカと日本の違いで、アメリカの企業ですと、優秀な人材を内部にもってくるのですが、日本の企業の場合は、いわゆる訴訟国家ではないので、外から攻められることはないということで、優秀な人材は、営業や商品開発、工場長などに優先され、ごく少数で内部業務をやらざるを得ません。そのため、必要最小限の仕事しかしないということで、補助金・助成金など前向きな情報をキャッチし手続きをするところまでは手が回っていませんでした。10社中8社に補助金・助成金の取り漏れがあり、そのうち4社については、500万円以上の額の取り漏れがある状況でした。このことを保険会社の営業職員さんが企業経営者に伝え、このアドバイスから企業さんが実際に500万円もの補助金・助成金を受給するに至ると、そのお礼にと保険に加入してくれたのです。このような形で、補助金・助成金の情報提供が喜ばれました。中小企業は総務・経理などのバックオフィス部門が、特に弱いというのが実情ですが、どのような企業も内部

業務の種類にそれほど違いはありません。そこで、当社が始めたのはサービスの共同購入でした。中小企業のバックオフィスが使えるよいサービスを、当社が買い集め、それを定額で使い放題にしました。コンテンツはどんどん増やし、会員企業は現在、6,262社となりました。こちらは、全国の金融機関から紹介をいただいております、今日現在149行庫の地域金融機関と業務提携しております。当初は月額20,000円でサービスを開始し、2度の価格改定を経て現在は月額30,000円となっております。

さて、ここからまた With Corona のお話になります。営業の入口はパートナーである地域金融機関との共催セミナーです。ホテルなどの会場を借りて、そこに金融機関のお客様を呼んでいただき、労務や財務面で押さえておいていただきたいことや、その時々トピックスをお話し、また補助金・助成金の取り漏れがないように呼びかけ、もし自社で対応しきれないようであれば当社がこういうサービスをしておりますというような案内をします。当社のコンサルタントが金融機関の渉外担当の方と一緒に企業訪問し、必要であれば当社のサービスをご契約いただくこととなります。

このように、今まではセミナーに来ていただき、また、お客様のところに訪問していたのですが、今年になってからは、これらセミナーすべてキャンセルになりました。また、当社のスタッフが企業に向くことについても、このコロナのときに、東京や大阪から来るなどとんでもない、という状況になりました。こうして新規の営業活動は大きく制限がかかることになりました。とは言え金融機関も地元の企業をキチンとサポートする必要がありますので、オンラインによるセミナー開催に順次切り替えております。しかし、地方の中小企業の経営者でIT関連に強い方は少ないので、これまでのようなコミュニケーションの維持は、なかなか難しい面があったのは確かです。もともと、これら地方の経営者の方たちは、コロナはいずれ終息するものだという感覚であったようです。いずれ元通りの世界に戻ると思っていたのが、ここで第二波、第三波が来ている状況になって、多くの中小企業経営者が、そろそろ頭を切り替えにきていると強く感じております。良い情報は積極的に取り入れて、自分の会社を進化させなければいけないと言うのは、経営者は誰でも思っていることです。そのような中で、オンラインのセミナーや商談など、オンラインのコミュニケーションをとりいれても良いかなあと考える経営者が、ここひと月位、増えていることを実感しております。今、足元をみますと、第三波がものすごい勢いですから、

この傾向は強まり、それとともに地方の金融機関のセミナーもリアルのものからオンラインが主になると思われます。オンライン・セミナーだと今までは大きな会社の IT に慣れた方が主な参加者であったのが、従業員が 10 名位の会社の社長さんなども参加されるようになってきましたので、世の中が With Corona に変化してきていると感じております。

これまで当社でのオンライン・セミナーは 31 の金融機関と 44 回開催し、2,147 名の参加がありました。

6. 新しいサービス「資金繰り Compass」

当社の中小企業向けサービスは「エフアンドエムクラブ」と呼んでおりますが、ここにきて新たなサービスとして「資金繰り Compass」をリリースしました。ご存知のようにコロナ禍の中、国を挙げて企業に金融支援をしておりますので、借入れは容易にできるようになっております。このような借入れは通常、1 年間据え置いて、それから返済が始まることが多いものです。ビジネスが厳しい状況の中でも容易に借入れが可能で、当座は経営を回すことができたとしても、先々を考えた場合、当然返済はしなければいけませんので、借り側も貸し側も非常に不安を持っております。中企業について言いますと、資金繰り表さえしっかりと作れていない企業が大部分であると言えます。これまでは仮に、どんぶり勘定で経営を回すことができたとしても、今のよう状況になってくると、売上げがどんどん伸びる前提で経営をしていくのはリスクになってきます。そういうときに必要になるのが、きちんとした資金繰り表です。そして、売上は何パーセントまで落ちてでも何とかなるのか、また、このままで大丈夫なのは 3 か月後までとか半年後までとか把握できていなければ、金融機関にしてみても、急にお金を貸して欲しいと言われても困ることになります。6 か月間の自社の資金繰りを簡易的に把握することで、資金ショートを未然に防ぐことができ、また金融機関との相談時も活用できます。このようなことを支援するサービスとして、ビジネス俯瞰図、簡易収益計画表、そして、それらと簡易資金繰り表が連動するような仕組みのサービスをリリースしました。こういうご時世ですので、このサービスは多くの企業に取り入れられており、With Corona 時代の新サービスとなっております。

7. オフィスステーション販売開始

2015 年にスタートした「オフィスステーション」は、結果としてコロナ禍の時世でヒットした商品となっております。「オフィスステーション」は社会保

険・労働保険の電子申請、年末調整、マイナンバー管理、有休管理、web 給与明細発行が行えるクラウド型の労務・人事管理システムです。これは社会保険の手続き、いわゆるハローワークに行きたくて企業がいろいろ行う手続きを、国が進めている電子申請で、手軽に自社にいながら 10 分程度の時間で申請ができるという仕組みです。これは 5 年前の 2015 年に社会保険労務士の先生向けに開発したシステムで、現在は一般企業にも広めているサービスです。この中でもヒットしているのが、「オフィスステーション 年末調整」です。これまでは紙で行っていたものですが、コロナ禍の中、他の人が触った紙を触るのは抵抗があります。それが各自のスマホで年末調整ができるので、今年大きく広がりを見せました。これをさらに広めるために、「オフィスステーション 労務ライト」をリリースしました。「オフィスステーション 労務」の一部機能を無料提供するサービスで永年無料です。政府が提供する e-Gov と API 連携しており、電子申請義務化に対応する機能に絞り込んでおります。外出自粛が要請される中で、テレワークなどの在宅対応が余儀なくされる状況に対応し、電子申請の普及と浸透にこれまで以上に貢献することが目的であります。

8. グループ全体での取り組み

テレワークの実施とそれに伴う通信回線の増設について述べさせていただきます。4 月、5 月はテレワークの体制を整えていたわけでもなく、回線増設を申し込んでも時間がかかるなど、戸惑いもありましたが、現在は全社員がテレワークになったとしても、それに対応できる環境が整っています。当社での実際の 9 月のテレワーク率は、東京 12.4%、大阪 11.3%、他地域は 10% 未満でした。内勤職のみですと、東京 40.3%、大阪 19.6%、名古屋 14.0%、仙台 34.2% となっております。私自身、今この数字を見ますと、意外と高くはないのだなあと感じます。ただ、ここにきて第 3 波が来ておりますので、このテレワーク率は高くなっていくと思われます。テレワークを開始した当初は、自宅で仕事ができるということでコロナの感染リスクも限りなくゼロになりますし、非常に喜んでテレワークをしていたのですが、その期間が半年くらい続いてくると、テレワーク疲れか、週に 1 日、2 日は会社に出るということで徐々にテレワーク率が下がってきていました。しかし、テレワーク率は当社としても上げざるを得なくなってきました。それに向けての計画もしております。あとは、どこの会社も実施していると思いますが、飛沫防止のパーテーションを設置して、お客様のところへ訪

問するときは、「感染防止対策中」のラベルを着用しております。

9. 今後の営業面での課題と対策

当社は、これまで企業訪問と対面営業ということを当たり前としてきましたので、新規契約獲得のための営業活動においては、少なからず影響を受けております。既存のお客様へのフォローについては、オンラインで対応ができるということは分かっていたのですが、新しくお客様になっていただくときに、オンラインで全てを行うというのは、まだ課題があると言えます。先ほどの生命保険の外交員の方への営業活動はオンライン方式がかなり完成してきましたが、相手が企業となりますと、まだまだ、ひと工夫もふた工夫もいるということで試行錯誤しております。

特に地方は都市圏からの来訪を嫌忌する傾向が強いと言えます。東京、大阪からは来て欲しくないということで、ここのところ、しっかり対策を考えなければならない部分と言えます。

このように、新規契約獲得の訪問と地方のお客様

のフォローについては、大きな課題になっております。地方に対してどのような対策を立てていくべきかについては、まだまだ考え続けなければならないと思っております。

顧客フォローの活動においては、希望する会員企業にはヘッドセットとwebカメラを送付するなどの対応を取りつつオンライン面談を加速させております。

10. 今後のバックオフィスへの支援

当社は、企業のバックオフィスに特化したコンサルティングとアウトソーシングを行っていますが、一般に、バックオフィス業務はテレワーク実施へのハードルが高いと言えます。どの企業も、管理部門の人はどうしても出社せざるを得ません。まだまだ多くのものが紙で届きますので、それを開封しなければ業務はスタートしません。営業等はテレワークでできるにしても、バックオフィス業務は全てをテレワークでというわけにはいきません。

バックオフィスを領域にビジネスをしていく上で、当社は、貢献できる余地は大きいと考えております。

<JAROS2020 研究発表大会シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」
セッション3: 応用セッション 講演要旨>

ソーシャル・ディスタンスと拡散事象 のネットワーク分析

～Social Network Analysis と拡散過程～

高森 寛

(青山学院大学 名誉教授)

1. はじめに

グラフ理論、あるいはネットワーク理論と呼ばれる数理学の分野は、もうかなり古くからある。筆者も、この分野を紹介する書を1976年に書いている[6]。その書のタイトル「点と線の世界」が示すように、この分野は、諸事象の構造をノード (node) と呼ばれる「点」の集合とそれらのノード間を結ぶエッジ (edge) とかアーク (arc) とよばれる「線」の集合で表す。都市間の道路網から、社会を構成する個人や、異集団の関係の構造まで、点と線を結ぶ構造にモデル化して分析される。最短経路問題や巡回セールスマン問題なども、このようなグラフ上の最適化問題として扱われている。

グラフおよびネットワークにかかわる理論の発展もさることながら、近年、ネットワーク分析用のソフトウェアとして、「NetworkX」、[7]、が知られている。ビッグデータ解析などに有用な道具になると思われる。

社会や経済も、無数の構成要素が様々な形で結ばれているネットワークである。ネットワーク内では、しばしば、伝染病の拡散、不況の連鎖、風評の伝搬、イノベーションの拡散などのうねりに巻き込まれる。

本稿は、まず、グラフ理論で扱われる最短経路問題を紹介してから、ファイナンスの分野で、証券・商品市場間をシステミック・リスクが伝搬する構造の研究を3章で紹介する。

次に、いま新型コロナの災禍で社会が騒然としているが、このような疫病などの伝染現象は、社会ネットワークでの拡散事象として、研究されている。これに関連して、NATURE HUMAN BEHAVIOUR 誌に掲載された論文[2]でのソーシャル・ディスタンスの概念を、4.1、4.2 節で紹介し、ソーシャル・ディスタンス削減の戦略について、ネットワーク分析の例を示す。

数理感染症学の分野で、感染症の伝播現象に関して、Kermack and McKendrick (1927)、[3]、に始まる SIR モデルが知られている。本稿では、エレメンタリーなレベルであるが、SIR モデルを社会ネットワークの枠組みに適用することを試みる。その分析シミュレーションの試みを5章で紹介する。

2. 最短経路問題と最小全域木問題

グラフやネットワーク分析で、最もシンプルな例は、図1に示すような“0”番から“5”番までのノードが、各種の線 (エッジ) で結ばれている経路ネットワークである。各エッジに付与されている数値は、その経路の距離である。

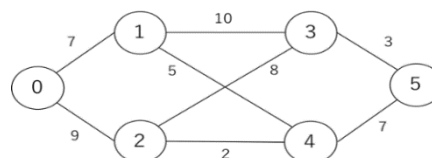


図1 経路ネットワークの例

ネットワークの規模が大きく、複雑になると、たとえば、ノード“0”から、他の各ノードへの最短距離の経路を見つけるはなかなか難しい。小林和博氏によれば[3]、前述の「NetworkX」では、それを、図2に示すように簡単に教えてくれる。

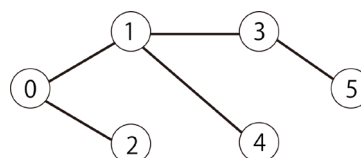


図2 ノード“0”から他の各ノードへの最短経路

このようなネットワークにおいて、しばしば生じる問題として、最小全域木 (Minimum Spanning Tree) を見出したいことがある。図1のネットワークで

は、いくつかの2つのノードの組については、複数の経路がある。そこで、重複している経路は切り捨て、どの2点間も唯一の経路で結ばれるようなエッジだけを残したい。しかも、そのように選ばれたエッジの距離の総和が最小になるようにしたい。それを最小全域木といい、いまのネットワークの場合、図3に示すものである。これも「NetworkX」では、見つけてくれる[5],[7]。

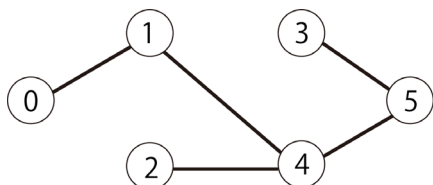


図3 最小全域木 (Minimum Spanning Tree)

3. システミック・リスクの分析-カタストロフィ的な市場暴落の連鎖

この節は、D. Lautier 他[1]の研究[1]の紹介である。ある商品市場の価格ショックが他の商品および財市場にショックの連鎖を引き起こす関係構造を、グラフ理論で解明することを試みている。収集されたデータは、表1に示すように、エネルギー・コモディティ、小麦、大豆などのソフト・コモディティ、為替レート、金、ユーロドルなどのデリバティブ価格の時系列データである。

表1 商品デリバティブ等の原資産と取引市場
出典: D. Lautier 他 [1]

原資産	取引ゾーン
Light crude oil	CME-US
Brent Crude	ICE-EU
Heating oil	CME-US
Gas oil	ICE-EU
Natural gas (U.S.)	CME-US
Natural gas (Europe)	ICE-EU
Wheat	CME-US
Soy bean	CME-US
Corn	CME-US
Eurodollar	CME-US
Gold	CME-US
Exchange rate €/ \$	CME-US
Mini SP500	CME-US

期間は1998~2009年の日時データであり、また、デリバティブ商品は、満期が異なると別商品であるから、膨大なデータ量である。

このビッグデータを、グラフ理論で解明して、システミック・リスク伝搬の構造を抽出しようという

のが、この研究のねらいである。

まず、これら各原資産をノードで表現し、それらの異なる満期のデリバティブ価格リターンの平均相関係数に集約される。相関係数の高い二つの原資産は、価格ショックが伝搬しやすい関係にあることは明らかである。よって、原資産*i*と*j*の相関係数 ρ_{ij} が大きければ、これらノード間は、短い距離 d_{ij} のエッジで結ばれるようネットワークモデルをつくることになる。

そこで(*i, j*)間の相関係数 ρ_{ij} を、距離 d_{ij} に変換するにあたり、留意しなければならないのは以下である。

図4のように、三つのノード*i, k, j*の間に距離 d_{ij}, d_{ik}, d_{kj} のエッジを設定するにあたって、距離の性質である

$$d_{ij} \leq d_{ik} + d_{kj} \tag{1}$$

が満たされねばならない。ところが、相関係数 $\rho_{ij}, \rho_{ik}, \rho_{kj}$ は、このような関係にはない。また、相関係数は負の値を取りうるし、絶対値は1を超えるとはない。

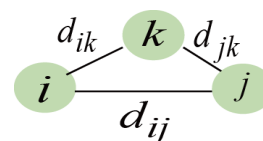


図4 3点間の距離概念

そこで、D. Lautier 他[1]の研究は、以下の変換式を使っている。

$$d_{ij} = \sqrt{2 - 2\rho_{ij}} \tag{2}$$

これは、図5に示すような変換になる。

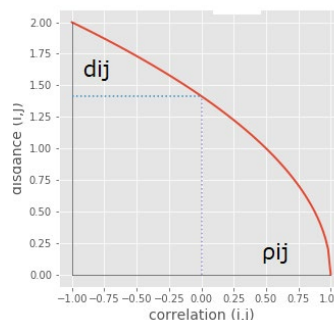


図5 相関係数 ρ_{ij} から距離 d_{ij} への変換

この変換では、

1. 相関係数 $\rho_{ij} = 1$ の市場*i*と*j*は、距離はゼロ($d_{ij} = 0$)と設定される。
2. 相関係数 $\rho_{ij} = -1$ の市場*i*と*j*は、最大の距離、

最大の $d_{ij} = 2$ に設定される。

以上のような相関係数から距離への変換をもって、表 1 の各資産市場間に距離を与えて、D. Lautier 他はシステミック・リスク伝播の構造を図 6 のように Graph 化している。

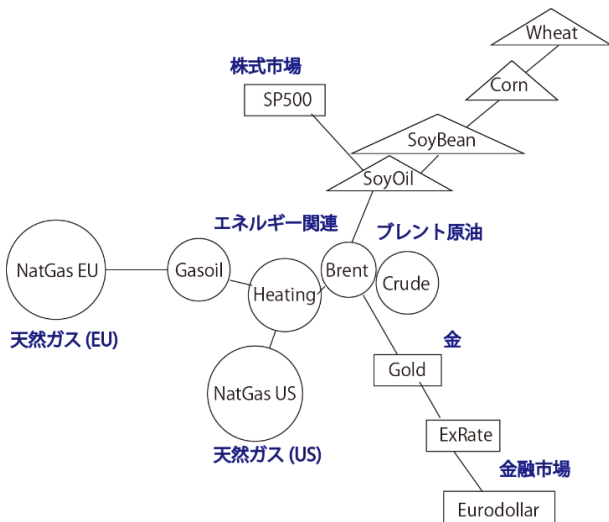


図 6 資産市場間の価格ショック伝播の構造、
出典：D. Lautier 他[1]

このグラフ構造から、次のようなことが観察されている：

- エネルギー財の市場がシステミック・リスクの中心に位置している。
 - i. ブレント原油がすべての市場との連結が強い。価格乱高下の伝搬の中心。天然ガス (US と EU) をも包含。
 - ii. エネルギーと農産物とのリンクは、Soy Oil (大豆油) を介している。大豆油は燃料として使われことによる。
- コモディティ市場と金融市場のリンクは、金市場を介している。金は、コモディティでもあり、また、価値保存の資産でもあることによる。
- 意外な点として以下がある：
 - i. 株式資産 (S&P500) は、金融資産よりも、大豆油 (Soy Oil) との方が、相関が強い。
 - ii. 株式、金融市場、小麦等のソフト・コモディティは、システミック・リスクの中心にはいない。

4. 社会ネットワークにおける拡散事象

4.1 ソーシャル・ディスタンスについて

社会における個人や特定の集団などをノード集合で表わしたとして、それらの間の距離とは、端的に云うならば、接触 (contact) の強さである。たとえば、互いに友人で毎日のように接触している個人ノードの間は線 (エッジ) で結んで一つの社会ネットワークが表現される。

人は、コミュニティなる各種の類似グループを構成し、P. Block 他[2]は、これを小さな世界 (small world) と呼ぶ。small world では、図 7 (a) のように、「A さんの二人の友達は、やはり友達」という「三角連結」がたくさんあり、ソーシャル・ディスタンスが密の状況を呈する。



(a) 三角連結
Aの友達BとCは、やはり友達

(b) Aの友達BとCは、友達ではない

図 7 三角連結は、接触が密な状況

図 8 は、Block 等が示している small world をベースにしての社会ネットワークの概念グラフである。small world といっても、同図に異なる色で示すように、様々のコミュニティがあるであろう。類似のグループといっても、異なる色の個人も混ざっている。また、異なるグループの個人間でも、頻繁な接触 (contact) があり、エッジで結ばれることもあろう。図 8 では、A, B, C, D, E, F のようなコミュニティ内では、接触 (contact) が密であり、多くの三角連結で結ばれている。また、遠く位置するグループ間を結ぶエッジ (コンタクト) もいくつか存在する。

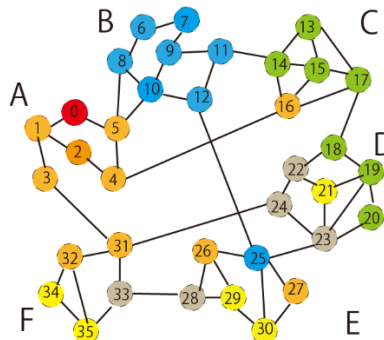


図 8 Small World のネットワークとしての社会
出典：P. Block 他 [2]を参照して描いた。

いま、同図のコミュニティ A にいる赤色のノード

‘0’が、感染源であったとしよう。隣接のノード‘1’と‘5’は、ワンステップのエッジ (contact) を介して、1日後に感染するとして。これらと隣接するノード‘2’、‘3’、‘4’、‘8’、‘10’は、二日後に感染することになる。このように、このネットワークの各ノードは、何日後に感染するかは、第1章に紹介した「NetworkX」で、感染源から各ノードへの最短経路を求めることで知ることができる。そして、感染までの日数が、たとえば、x日の個人(ノード)が何人いるかの度数を示すヒストグラムが図9「感染源‘0’ノードからの経路長の分布」である。このネットワーク社会の場合、2日目、3日目に感染する個人がそれぞれ5人いる。4日目に感染が9人、5日目が10人、6日目には4人で、ネットワーク全体が感染していることになる。

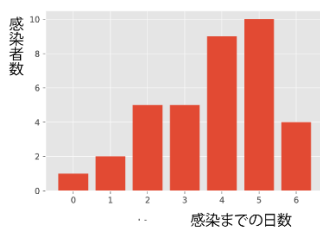


図9 感染源‘0’ノードからの経路長の分布

感染の拡散を遅らせる社会ネットの構造としては、この経路長分布が、なるべく、幅が広く、かつ、フラットであることが望ましい。

4.2 ソーシャル・ディスタンス削減の戦略

Block 他 [2]は、伝染の拡散抑止への段階的対策として、以下のような戦略を提示している。

図10のネットワーク(a)は、図8のネットワークからエッジ(3, 32)を除いているものであるが、それ以外は同一である。これを、いまは、社会ネットワークの典型であるとして。蜜に結ばれたコミュニティがあり、また、地理的に遠いコミュニティとも、ランダムに結ばれていて、Small world network と呼ばれる社会ネットワークの概念図である。

Block 他 [2]は、ソーシャル・ディスタンス削減の段階的戦略を示している。

ディスタンス削減の第1の戦略1は、同図(a)から(b)への変化が示すように、個々人が、その接触を、自分の類似のグループに限定することである。同じ職場のグループ、趣味が同じ人々、年齢が近い者同士、近所の人々などに限定することである。遠い地域との接触は避ける。日本の政府が、経済重視の観点から、「Go-to-Travel」キャンペーンを実施したこ

とがあつたが、この戦略1には沿わないものといえよう。

次の段階としての戦略2は、同図(b)から(c)に見るように、日ごろ接触が密の者同士間での接触に限定することである。いいかえれば、三角連結に含まれる接触 (contact) は、排除しても感染伝搬抑止に貢献しない。図7の(a)三角連結において、AとBが接触を避けても、誰かが感染すれば、結局、3人とも感染することになる。むしろ、三角連結の構成要素になっていないエッジを削除することによって、感染をローカルなコミュニティに閉じ込める効果がある。

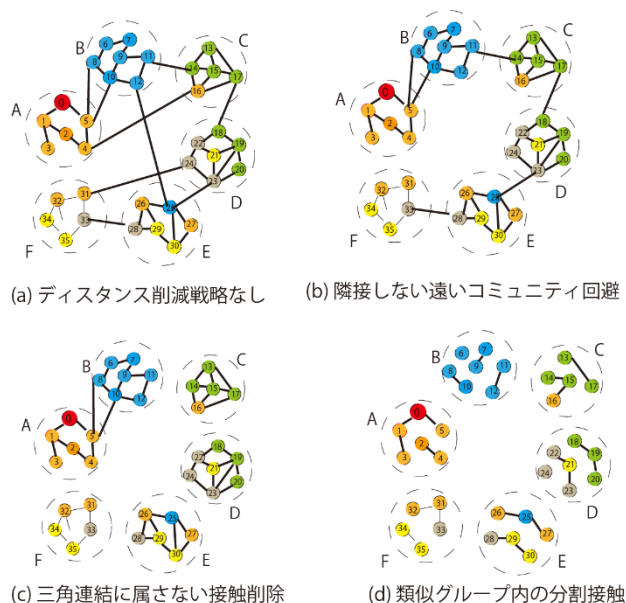


図10 段階的接触削減のネットワーク概念

出典：P. Block 他[2]を参照して描いた

戦略3は、図10の(c)から(d)に見られるように、同じ密なグループ内であっても、頻繁接触の別グループに分けて規則的な干渉を限定することである。家族であっても、一緒に食事するメンバーを分けるとか、同じ職場の従業員であっても、昼間に仕事をするグループと、夜に仕事をするグループにわけるとか。一つのコミュニティを、さらにマイクロなコミュニティに分離する戦略である。

以上のような段階的な戦略の実施によって、この社会ネットワークは、図10の(a)から(d)の構造状態に推移する。それぞれの戦略段階において、感染までの日数と感染者数の分布を図11に示す。ディスタンス削減の戦略を何もとらない(a)の場合は、感染がノード‘0’で発生してから9日以内に、ネットワーク構成員35人の全員が感染することになる。遠い地域との交流を避ける戦略2の場合、ネットワーク

構造は(b)になるが、全員が感染するまでに 16 日かかり、感染分布は水平にひろがり、かつフラットになり、戦略の効果が明快になっている。さらに、3 角連結に含まれないエッジ (contact) を抑制する戦略 3 にまで進むと、ネットワーク構造は図 10 (c) になる。この段階では、感染伝播は図 11 (c) のように、少数の人々だけに閉じ込められる。この場合、感染は、13 人に収まる。さらに、類似グループ内を分割して、接触を分ける戦略 3 まで実施するネットワーク (d) まで疎遠な構造になると、感染するのは 4 人に収まることになる。

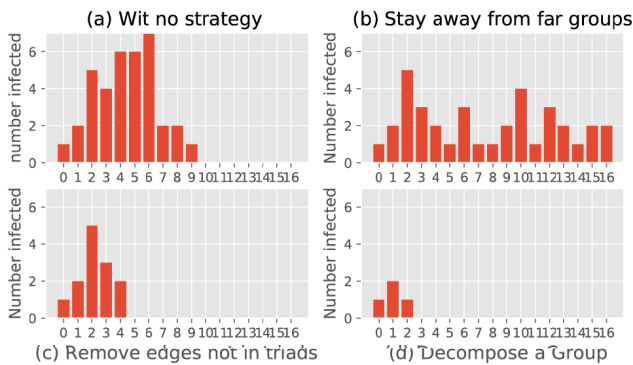


図 11 各戦略段階での感染までの日数と感染者数

5. 社会ネットワーク上での拡散事象

5.1 感染症伝播モデル

Kermack and McKendrick (1927), [3], が 90 年前に、発表した感染症伝播モデルは、SIR モデルと呼ばれる以下の簡略版が知られている：

$$\frac{dS_t}{dt} = -\beta S_t I_t + \gamma I_t, \quad \frac{dI_t}{dt} = \beta S_t I_t, \quad \frac{dR_t}{dt} = \gamma I_t \quad (3)$$

ここで、時間とともに推移する変数は、以下のよう
に定義される：

S_t : 時間 t での未感染者率

I_t : 時間 t での感染者率

R_t : 時間 t での回復者率

これらは、あるコミュニティの人口を 1 として、そのうちのどれだけの比率が感染したり、回復しているかを示す。SIR モデル(3)では、感染の伝播は、未感染者 (susceptibles) S_t と感染者 (infected) I_t の接触 (contact) の密の度合いをそれらの積 $S_t I_t$ で表し、それに比例して感染率が高まるとする。この伝播過程で重要なパラメータは以下である：

β : 感染率 (接触率)

γ : 回復者率

ここで、感染の蔓延に関わる再生産率なるパラメータが以下である：

$$R^\circ = \frac{\beta}{\gamma} : \text{再生産率}$$

この再生産率が 1 を超えるとき、感染は拡大へ向かう。R. S. Pindyck [3]の分析では、感染率 I_t が達する最大値は、以下になるとされている。

$$I_{\max} \approx 1 - \frac{1}{R^\circ} (1 + \log R^\circ) \quad (4)$$

式(3)の微分方程式系のダイナミクスを離散時間でシミュレーションするには、以下のように、差分方程式で表現する。

$$\begin{aligned} S_t &= S_{t-1} - \beta S_{t-1} I_{t-1} \\ I_t &= I_{t-1} + \beta S_{t-1} I_{t-1} - \gamma I_{t-1} \\ R_t &= R_{t-1} + \gamma I_{t-1} \end{aligned} \quad (5)$$

本稿では、離散時間の間隔 $\Delta t = t - (t-1)$ は、1 日と仮定する。

5.2 社会ネットワークでの感染伝播モデル

ここでは、コミュニティ・ネットワーク間での感染伝播事象へ、SIR モデル(3)式を拡張して、適用することを試みる。図 10 では、コミュニティ A, B, C, D, E, F の間が、接触エッジ (contact) で結ばれている。各コミュニティでの伝播変数を、次のように、定義する：

S_t^i : コミュニティ i の時間 t での感染者率、

I_t^i : コミュニティ i の時間 t での感染者率

R_t^i : コミュニティ i の時間 t での回復者率

たとえば、図 10 (a) では、コミュニティ C は、A、B、D と連結していて、互いに感染伝播が起きる。そこで、コミュニティ C での感染拡散については、次のように、(3)式を拡張する：

$$\begin{aligned} \frac{dS_t^C}{dt} &= -\beta S_t^C I_t^C \\ \frac{dI_t^C}{dt} &= \beta S_t^C I_t^C + \beta^\circ S_t^C I_t^A + \beta^\circ S_t^C I_t^B + \beta^\circ S_t^C I_t^D \\ \frac{dR_t^C}{dt} &= \gamma I_t^C \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、パラメータ β° は、隣接のコミュニティでの感染率 I_t^i ($i \neq C$) と自らのコミュニティの未感染者率 S_t^C との接触から生じる感染率パラメータである。コミュニティ C 以外についても、(6)と同様の感染拡散モデルを記述できる。

前節では、ソーシャル・ディスタンス削減の段階的戦略について、感染経路長の分析をしたが、以下では、拡張型 SIR モデル(6)によって、コミュニティ間の感染伝播事象をシミュレーションする。

まず、伝播にかかわるパラメータについては、各コミュニティについて、 $\beta = 0.12$, $\gamma = 0.05$ と仮定する。この場合、再生産率は $R^0 = 0.12/0.05 = 2.4$ となり、初期に感染拡大が進行し、ピークの感染率は、(4)式から

$$I_{\max} \approx 1 - \left(1/R^0\right) \left(1 + \log R^0\right) = 0.22 \quad (7)$$

に達すると想定される。また、コミュニティ間での感染伝播のパラメータは、 $\beta^0 = 0.01$ と想定した。

以上のようなパラメータ値の想定のもとに、コミュニティ間の感染伝播をシミュレートした。

以下は、前節の段階的ソーシャル・ディスタンス削減戦略のもとでの、1年間365日の期間の感染拡散の様相である。

5.2.1 戦略のない場合のコミュニティ間伝播

図10(a)のネットワークは、ソーシャル・ディスタンス削減戦略のない場合のネットワーク連結状況である。

感染源は、同図の赤色で示したノード“0”であるとして、コミュニティAでの感染率の初期値を $S_0^A = 0.01$ として、他のコミュニティへの感染伝播のシミュレーションを図12に示す。

それぞれのコミュニティが単一で独立しているなら、ピークの感染率は、(7)式に示す0.22であるが、(6)式にあるように、コミュニティ間で伝播のやり取りがあるので、同図上段にみるように、各コミュニティともピークの感染率は0.3程度に達する。しかし、そのピークに時間差があるため、同図下段に見るように、コミュニティ・ネットワーク全体としては、ピークの感染率は0.23程度に収まっている。

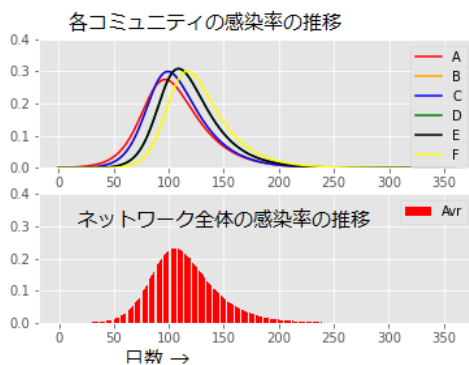


図12 接触削減の戦略がない場合

5.2.2 戦略1のもとでのコミュニティ間伝播

ここで、戦略1とは、前節の図10(b)のようなネットワーク構成である。削減されている接触(contact)は、(A,C)間と、(B,E)間、(D,F)間の

エッジのように、隣接しているコミュニティ間ではなくて、より遠く離れているコミュニティ間の接触が断たれる戦略である。

接触のあるコミュニティ間での感染伝播のパラメータ $\beta^0 = 0.01$ は、5.2.1節の場合と同一である。この場合、コミュニティからコミュニティへと感染が広がる様相は、図13に示す。同図(a)にみるように、感染が拡大する時間的ずれが大きくなるが、このコミュニティでは、やはり、ピークの感染率は0.3程度に達する。しかし、コミュニティ・ネットワーク全体としては、(b)に見るように、ピークの感染率は0.165に収まる。

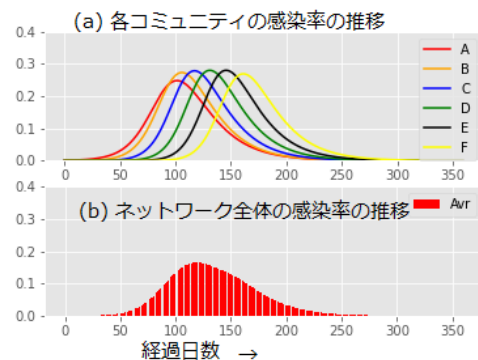


図13 接触削減の戦略1のもとでの感染率の推移

5.2.3 戦略2,3のもとでのコミュニティ間伝播

5.2.1節および5.2.2節の接触削減の状況では、感染拡大のフェーズがずれることによって、社会全体の感染率のピークはかなり抑制された。しかし、個々のコミュニティの感染率は、いずれも0.3程度には達することになる。これは、それぞれのコミュニティの感染率パラメータが $\beta = 0.12$, $\gamma = 0.05$ に維持されたままであったことによる。

そこで、ここでは、感染発生100日目までは、5.2.2節の戦略1の下で、感染は図13のように推移した段階で、100日目以降は、コミュニティ・ネットワーク全体として、よりドラスティックな接触削減戦略がとられることを想定する。すなわち、4.2節で記述した戦略2,3の接触削減戦略である。それは、個々のコミュニティ内の密な接触が、互いに疎になるように分断される。そして、その効果は、100日目以降は、感染率パラメータが $\beta = 0.08$ に下がると想定する。そして、コミュニティ間の感染係数も、 $\beta^0 = 0.01$ から、100日目以降は、半減して $\beta^0 = 0.005$ に下がると想定する。すなわち、感染発生100日までの戦略1の場合の接触の密の状況の概念図とし

ては、図 10 (b) が表している。100 日目以降は、戦略 2 と 3 が実行されて、接触の密の状況の概念図を図 14 が表現している。隣接コミュニティ間のエッジが点線になっているのは、コミュニティ間の感染係数が、半減して $\beta^\circ = 0.005$ になったことを示している。

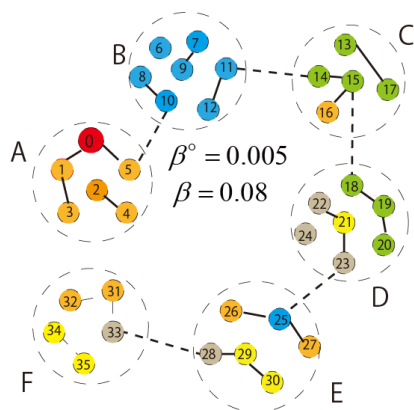


図 14 感染発生から 100 日目以降の戦略 2, 3 の概念図

このような仮定のもとで、コミュニティ間の感染伝播のシミュレーションを図 15 に示す。

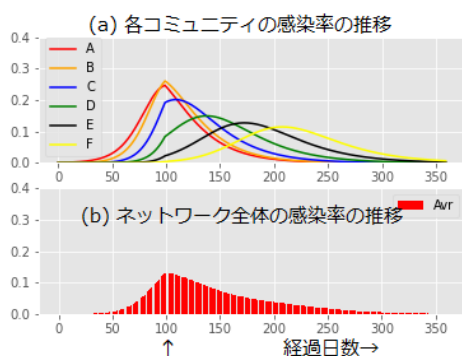


図 15 接触削減戦略 2, 3 の下での感染率の推移

この場合、感染発生から 100 日目までは、図 13 と同一のパターンで推移するが、それ以降は、コミュニティ間の感染係数が $\beta^\circ = 0.005$ に半減し、コミュニティ内の感染係数が $\beta = 0.08$ に減少するので、感染拡散は、大きく抑制されることになる。コミュニティ A, B でのピーク感染率は、感染発生後 100

日目あたりに、0.25 程度に達するが、コミュニティ C, D, E, F への感染は、大きく遅れる。感染源から一番遠いコミュニティ F では、200 日目過ぎあたりにピーク値 0.12 程度に達する。コミュニティ・ネットワーク全体としても、戦略 1 から、戦略 2, 3 に接触削減を強化する 100 目ごろに、ピーク感染率 0.13 で、収まることになる。

6. おわりに

社会や経済におけるさまざまな結び付きはネットワークのモデルで表現して、その特性や構造を分析できることを、いくつかの例で示した。

商品市場におけるシステムック・リスクの伝播、感染症の社会ネットワーク上での拡散事象の分析例を示した。

参考文献・資料

- Lautier, D. and F. Raynaud (2015), “High Dimensionality in Finance: A Graph Theory Analysis,” in *Derivative Securities Pricing and Modeling*, Published online: 12 Mar 2015; 93-119, [http://dx.doi.org/10.1108/S1569-3759\(2012\)0000094007](http://dx.doi.org/10.1108/S1569-3759(2012)0000094007).
- Block, P., M. Hoffman, I. J. Raabe, J. B. Dowd, C. Rahal, R. Kashyap, and M. C. Mills (2020) “Social Network-based distancing Strategies to flatten the COVID-19 curve in a post-lockdown world,” *NATURE HUMAN BEHAVIOUR*, Vol.4, June 2020, 588-596.
- Kermack, W. O., and McKendrick, A. G. (1927) “A contribution to the mathematical theory of epidemics,” *Proceedings of the royal society of London. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, 115 (772), 700-721.
- Pindyck, R. S. (2020), “COVID 19 and the Welfare Effects of Reducing Contagion,” Working Paper 27121, National Bureau of Economic Research, May 2020.
- 小林和博 (2020), “Python パッケージを用いた数理最適化の実践,” 『リアルオプションと戦略』, 第 11 巻, 2 号, pp. 61-64.
- 奥野隆史・高森寛 (1976), 『点と線の世界』, 三共科学選書.
- NetworkX – Network Analysis in Python. <https://networkx.org>

投資戦略の数理モデル—リアルオプションの基礎

後藤 允 (北海道大学)

1 はじめに

初学者がリアルオプションの単純なモデルを一冊で完璧に理解することを目指した入門書である。後藤 [2] の第1章を紹介する。本書は、高度な数学的知識のない学生や社会人などの初学者を対象とした理論的な入門書で、前半を離散モデル、後半を連続モデルに分けたことが大きな特徴である。

まずはリアルオプションの概念を理解することが重要で、特に不確実性とは何か、価値や戦略とは何かを理解してから、連続モデルへ進む構成になっている。最終的な目標は、Dixit and Pindyck [1] の基本モデルを完璧に理解することで、そのために必要な数学的知識を、本書では最適停止問題や Verification Theorem まで網羅している。

2 リアルオプションとは

リアルオプションという言葉を理解するために、まずは以下の例を考えよう。

例 1 (新製品の投入) 企業 A が新製品を開発し、市場調査を終えて市場への投入を検討している。市場調査の結果、新製品の投入には広告宣伝費などの投資費用がかかるが、現在の潜在需要から投入後の予想総利益はわずかに黒字の水準である。ただし、原材料のレアアースの価格が流動的であり、低水準に落ち着く可能性もあれば、高騰して赤字になる可能性もある。また、1年後には他社から類似製品が販売される可能性があり、それまでに製品を投入してシェアを確立させたい。企業 A は、新製品を即座に投入すべきだろうか、1年待ってから判断すべきだろうか。

例 2 (生産拠点の移転) 企業 B はイギリス国内で、

大型機械を生産している。しかし、イギリスの EU 離脱が発表され、EU 域内への輸出には関税がかかる可能性が生じた。離脱交渉は1年間の猶予があるものの、難航が予想され現時点では貿易協定については不透明である。そこで、企業 B は生産拠点を EU 域内の別の国に移転することを検討している。移転する場合は工場の建設費用など、多額の投資が必要となる。一方、イギリス国内に留まった場合は、関税によって価格競争力を失うことになるか、もし離脱交渉がうまくまともな現状維持できる可能性もある。企業 B は、生産拠点の移転についてどのような戦略をとるべきだろうか。

いずれも、企業の投資に関する意思決定の問題であるが、重要な共通の要因が2つ含まれている。例1ではレアアースの価格、例2では関税の行方が**不確実性**を有しており、意思決定に重要な影響を与えている。レアアース価格が下落すれば企業 A は即座に製品を投入できるし、離脱交渉がまともな企業 B はイギリス国内に留まる。一方、レアアース価格が上昇すれば企業 A は新製品の投入を断念し、離脱交渉が決裂し関税が発生すれば企業 B は工場を EU 域内に移転する。もう1つは**時間**である。いずれの例でも、1年間という計画期間が与えられている。このように、本書ではリアルオプションを「不確実性下の動的投資問題」と捉える。

実際にリアルオプション問題を解くためには、時間と不確実性を扱えなければならない。時間を扱うためには正味現在価値法が必要となる。例1におけるレアアースの価格のように、現在考えている問題の状態を決定する変数を**状態変数**という。状態変数が不確実性をもつ場合に、もっとも単純な確率モデルの1つが**二項モデル**である。

定義 1 (二項モデル) 状態変数 X_t が、すべての $t = 0, 1, \dots$ に対して

$$X_{t+1} = \begin{cases} \text{確率 } p \text{ で} & uX_t \\ \text{確率 } 1-p \text{ で} & dX_t \end{cases} \quad (1)$$

に従うとき、式 (1) をパラメータ (p, u, d) の二項モデルという。ただし、 p を上昇確率、 u を上昇係数、 d を下落係数といい、

$$0 < p < 1, \quad 0 < d < 1 < u \quad (2)$$

である。

二項モデルは、状態変数の値が 1 期間後に上昇するか、下落するかという単純なモデルである。この 1 期間後の変化率を一般化したのが、以下の**成長率**である。

定義 2 (成長率) 状態変数 X_t について、

$$R_t = \frac{X_{t+1} - X_t}{X_t} \quad (3)$$

を時点 $t (= 0, 1, \dots)$ における成長率という。成長率の期待値を**期待成長率**、標準偏差を**ボラティリティ**といい、それぞれ

$$\mu_t = \mathbb{E}[R_t] = \frac{\mathbb{E}[X_{t+1}] - X_t}{X_t} \quad (4)$$

$$\sigma_t = \sqrt{\mathbb{V}[R_t]} = \frac{\sqrt{\mathbb{V}[X_{t+1}]}}{X_t} \quad (5)$$

である。

リアルオプションでは、状態変数の期待成長率とボラティリティが非常に重要な役割を果たす。状態変数が二項モデルのとき、 X_{t+1} の期待値と分散はそれぞれ

$$\mathbb{E}[X_{t+1}] = (pu + (1-p)d)X_t \quad (6)$$

$$\mathbb{V}[X_{t+1}] = p(1-p)(u-d)^2 X_t^2 \quad (7)$$

と計算できる。これらを期待成長率 (4) とボラティリティ (5) に代入すると、以下の結果が得られる。

命題 1 (二項モデルの成長率) 二項モデルの期待成長率とボラティリティはそれぞれ

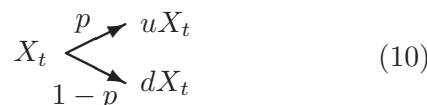
$$\mu = pu + (1-p)d - 1 \quad (8)$$

$$\sigma = \sqrt{p(1-p)}(u-d) \quad (9)$$

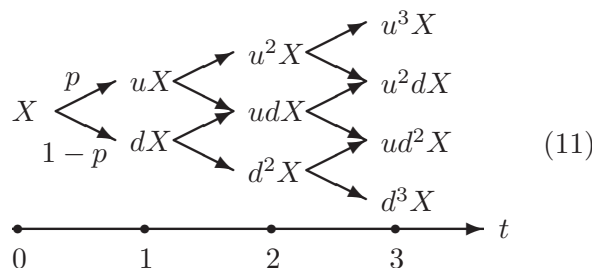
で与えられ、ともに時間に対して一定である。

命題 1 より、二項モデルの期待成長率は正にも負にもなるが、ボラティリティは必ず正であることが確認できる。

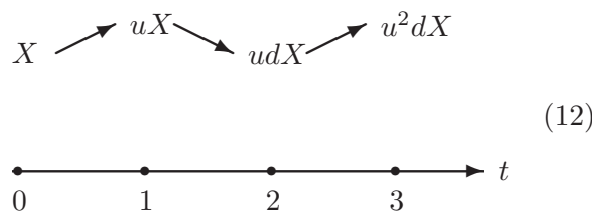
式 (1) が二項モデルの定義であるが、樹形図のように



とも書け、この形式のほうが扱いやすく一般的である。時間を $t = 0, 1, 2, 3$ として、 $X_0 = X$ とすると、



の 3 期間二項モデルの樹形図が書ける。いま仮に $t = 1$ で上昇、 $t = 2$ で下落、 $t = 3$ で上昇した場合、状態変数の推移は



となる。これを状態変数の**サンプルパス**という。サンプルパス (12) から、時間も状態も離散的に推移していることが分かる。このような確率モデルを**離散確率モデル**、あるいは単に**離散モデル**という。

リアルオプションの離散モデルでは、収益などの不確実性をもった状態変数を二項モデルで記述し、正味現在価値法を改良して投資問題を解いていく。

3 リアルオプションの評価モデル

3.1 1期間モデル

前節で、正味現在価値法によって時点の異なるキャッシュフローを評価できるようになり、二項モデルによって状態変数の不確実性を扱えるようになった。本節では、これら2つの手法を融合させて、リアルオプションの評価モデルを構築する。まずは簡単のために、以下のような投資プロジェクトを考えよう。

例3 (工場の建設) 企業Cが工場の建設を検討している。工場の建設費用は I で、建設後に得られる価値は V と予想されている。製品の特性上、1年後には得られる価値が確率 p で u 倍に増え、確率 $1-p$ で d 倍に減る。このとき、企業Cの最適な投資戦略はどのようなものか。ただし、工場の建設に時間はかからず、建設後すぐに価値が得られるとする。また割引率を ρ とする。

例3では、キャッシュインフローの合計が V で、キャッシュアウトフローの合計が I である。すなわち、

$$\text{CIF} = V, \quad \text{COF} = I, \quad \text{NPV} = V - I \quad (13)$$

となっている。また、状態変数は建設後に得られる価値 V_t で、二項モデル

$$V \begin{cases} \nearrow p & uV \\ \searrow 1-p & dV \end{cases} \quad (14)$$

に従う。

このとき考えられる投資戦略は、今すぐ投資する、1年後に価値が上がったら投資する、1年後に価値が下がっても投資する、投資しない、の4つである。今すぐ投資するとNPVが得られ、投資しなければ価値は0である。1年後に価値が上がったら投資する戦略を F_u 、1年後に価値が下がっても投資する戦略を F_d とすると、投資戦略の二項モデル

はそれぞれ

$$F_u \begin{cases} \nearrow p & uV - I \\ \searrow 1-p & 0 \end{cases} \quad F_d \begin{cases} \nearrow p & uV - I \\ \searrow 1-p & dV - I \end{cases} \quad (15)$$

となる。1年後の価値は確率と現在価値で評価するので、それぞれの価値は

$$F_u = \frac{p(uV - I)}{1 + \rho} \quad (16)$$

$$F_d = \frac{1 + \mu}{1 + \rho} V - \frac{I}{1 + \rho} \quad (17)$$

と計算される。

両式の違いに注意しよう。「1年後に価値が上がったら投資する」というのは、下がっても投資しないということであるが、「1年後に価値が下がっても投資する」というのは、もちろん上がったら投資するということである。したがって、 F_d には dV の項だけでなく uV の項も含まれ、1年後に必ず投資する戦略になっている。もし $\text{NPV} \leq F_d$ ならば、この投資プロジェクトは今すぐは絶対に投資せず、1年後に必ず投資すればよい。この場合、問題を分析するまでもなく自明な結果である。リアルオプション問題で分析するための必要条件は

$$\text{NPV} > F_d \quad (18)$$

である。

必要条件(18)を適用すれば、最適な投資戦略は F_d を除く3つの戦略のうち価値が最大のものである。最適な戦略を F とすると

$$F = \max\{0, F_u, \text{NPV}\} \quad (19)$$

となる。それぞれの大小関係を調べるために、NPVと0の交点を V_N 、 F_u と0の交点を \underline{V} 、 F_u とNPVの交点を V^* とすると、明らかに

$$V_N = I, \quad \underline{V} = \frac{I}{u}, \quad \underline{V} < V_N \quad (20)$$

である。また、 $\text{NPV} = F_u$ より

$$V^* = \frac{1 + \rho - p}{1 + \rho - pu} I \quad (21)$$

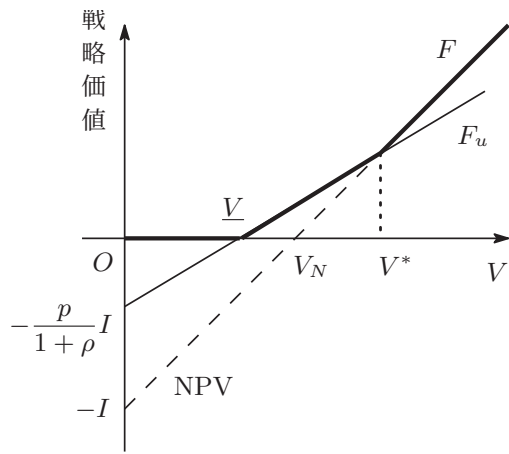


図1 リアルオプションの戦略の価値 (1 期間離散モデル)

となる。式 (21) の分数部分について、 $p < 1$ より分子が正、詳細は次項で述べるが必要条件 (18) より分母が正、 $u > 1$ より分子が分母よりも大きいので、

$$V^* > V_N \tag{22}$$

が得られる。次に、NPV と F_u の切片について、明らかに $p < 1 + \rho$ であるので、 F_u の切片のほうが大きい。

以上の交点の大小関係と切片の大小関係から、3 つの戦略の関係は必ず図 1 になる。破線が NPV、実線が F_u 、太線が F を表している。最適なリアルオプションの戦略をまとめると、以下の命題が得られる。

命題 2 (リアルオプションの 1 期間離散モデル)

投資費用が I で、投資後に得られる価値 V_t が 1 期間二項モデル (14) に従い、割引率を ρ とする。このとき、必要条件 (18) を満たすならば、最適な投資戦略は

$$F = \begin{cases} 0 & V < \underline{V} \text{ のとき, 投資しない} \\ F_u & \underline{V} \leq V < V^* \text{ のとき, 1 期間待って} \\ & \text{価値が上がったら投資} \\ NPV & V \geq V^* \text{ のとき, 即座に投資} \end{cases} \tag{23}$$

である。ただし、 $NPV = V - I$ であり、 F_u は式 (16)、 \underline{V} は式 (20) で与えられる。 V^* は式 (21) で

与えられ、投資閾値 (しきいち) という。また、 V_t をプロジェクト価値、 F を投資戦略の価値という。

例 3 では計画期間を 1 年としていたが、命題 2 では一般的に 1 期間とした。この場合は、パラメータ (u, d, ρ) も 1 期間あたりの率に調整される。

プロジェクト価値の初期値 V の水準が十分に低いときは投資せず、逆に十分に高いときは即座に投資する。プロジェクト価値の水準が低くも高くもないときは、1 期間後に結果を見てから投資を判断することが分かる。実際、 $\underline{V} \leq V < V^*$ のとき

$$dV - I < 0, \quad uV - I > 0 \tag{24}$$

であることが確認できる。プロジェクト価値がこの範囲にあるとき、1 期間後に上がったなら投資する価値があるが、下がったら赤字になるので投資しない。このため、1 期間後の結果を待つのである。

また、正味現在価値法の判断基準 V_N のかわりに、投資閾値 V^* が即座に投資するかどうかの基準になっている。不確実性に対応した戦略 F_u の存在によって、結果が正味現在価値法から変化していることが分かる。すなわち、不確実性の存在は投資を遅らせる。

式 (19) から分かるように、1 期間のリアルオプション問題は、本質的には NPV と F_u の選択問題になっている。今すぐ投資するか、1 期間後まで待つか、である。今すぐ投資する場合は、 $V - I$ を得るかわりに $uV - I$ の可能性をあきらめている。また、1 期間待つ場合は $V - I$ をあきらめるかわりに、 $uV - I$ の可能性を求めるが、式 (15) から分かるように、価値が下がった場合は何も得られないという可能性がある。この選択問題を決定づけているのが、パラメータ p, u, ρ である。

上昇確率 p が大きいとき、 $uV - I$ の可能性が高くなるので、待ったほうがよい。上昇係数 u が大きいとき、 $uV - I$ の価値が大きくなるので、待ったほうがよい。一方、割引率 ρ が大きいとき、 $uV - I$ の現在価値が小さくなるので、今すぐ投資したほうがよい。これらの相反する要因を 1 つにまとめた基準が、投資閾値 V^* である。

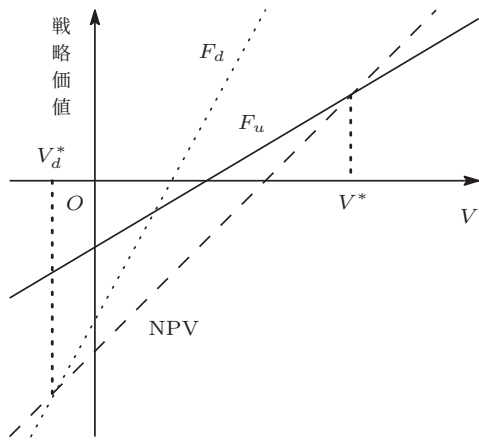


図2 F_d と他の戦略の価値の関係 ($\rho \leq \mu$)

3.2 割引率と期待成長率

リアルオプション問題の必要条件 (18) について、再度考えよう。この条件によって、1 期間待って必ず投資するという戦略を排除し、リアルオプション問題を分析する意味があるものになっている。NPV と F_d の切片を比較すると F_d のほうが大きいため、すべての V については成立しない。2つの価値の交点 V_d^* が正であれば、 $V > V_d^*$ のとき必要条件が成立するので、

$$V_d^* = \frac{\rho}{\rho - \mu} I > 0 \quad (25)$$

より $\rho > \mu$ が得られ、割引率は期待成長率よりも大きくなってはならない。

図2は、逆に割引率が期待成長率よりも小さい場合の戦略 F_d と他の戦略の価値の関係である。破線が NPV、実線が F_u 、点線が F_d を表している。図から分かるように、投資閾値 V^* が有効にならず、リアルオプション問題が成立しない。 $\rho > \mu$ は式 (18) の必要条件であるが、今後はリアルオプション問題の必要条件として、常に成立すると仮定する。

ただし、 $V \leq V_d^*$ のときは $NPV \leq F_d$ である。図3は $\rho > \mu$ の場合の戦略 F_d と他の戦略の価値の関係を表している。実際、(i) の状況があり得るため、戦略 (23) が成立しない場合がある。この可能性を排除して (ii) に限定するためには、条件 $V_d^* < V^*$ が必要である。条件を変形すると

$$d < \frac{1 + \rho - pu}{1 + \rho - p} < 1 \quad (26)$$

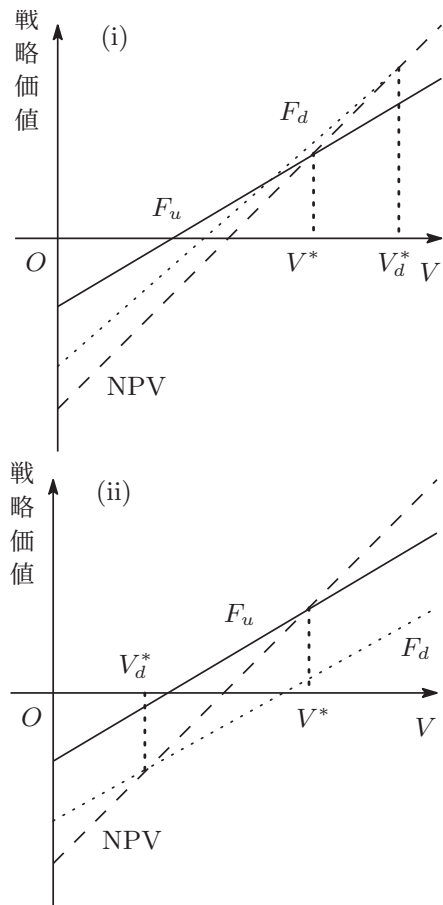


図3 F_d と他の戦略の価値の関係 ($\rho > \mu$)

が得られ、これを下落係数 d の上限 \bar{d} とする。一方、新しい必要条件 $\rho > \mu$ を変形すると、

$$1 + \mu = pu + (1 - p)d < 1 + \rho \quad (27)$$

となり、上昇係数 u の上限が分かる。 d の下限が0であるので、 u の上限は $(1 + \rho)/p$ となり、まとめると

$$1 < u < \bar{u} = \frac{1 + \rho}{p}, \quad 0 < d < \bar{d} = \frac{1 + \rho - pu}{1 + \rho - p} < 1 \quad (28)$$

が得られる。今後は、上昇係数 u と下落係数 d は式 (28) を常に満たすと仮定する。

ここで、式 (21) の分母が正であることを確かめる。必要条件 $\rho > \mu$ より、

$$1 + \rho - pu > 1 + \mu - pu = (1 - p)d > 0 \quad (29)$$

であるので、確かに分母は正となる。

次に、割引率が期待成長率よりも大きいことの意味を考えよう。WACC よりも期待成長率が小さいプロジェクトに投資するのは合理的だろうか。この問題は、プロジェクト価値が不確実性をもつことと深く関係している。

銀行の貸出金利で考えてみよう。業績が堅調で必ず元本が返済できる企業と、業績が不確実で元本が返済できない可能性のある企業では、どちらの金利が高いだろうか。明らかに、業績が不確実な企業の金利のほうが、高く設定されることになる。この理由は、元本が返ってこないリスクが金利に上乗せされるからである。この金利の上乗せ分のことをリスクプレミアムといい、リアルオプション問題における割引率は、リスクプレミアムを含んだ割引率、すなわちリスク調整済み割引率である。

したがって、割引率には WACC などのハードルレートにリスクプレミアムが上乗せされており、その結果として期待成長率よりも大きくなるということである。今後本書では、割引率といえばリスク調整済み割引率のことをいい、リスクプレミアムは適切に算出されていると仮定する。なお、リスクプレミアム算出方法の詳細については、専門書を参照してほしい。

3.3 数値例

例 3 を数値例を使って解いてみよう。

例 4 (工場の建設：数値例) 企業 C が工場の建設を検討している。工場の建設費用は $I = 100$ 億円で、建設後に得られるプロジェクト価値を調査中である。製品の特性上、1 年後にはプロジェクト価値が確率 $p = 0.6$ で $u = 1.25$ 倍に増え、確率 $1 - p = 0.4$ で $d = 0.7$ 倍に減る。このとき、プロジェクト価値がいくらならば投資可能だろうか。ただし、割引率を $\rho = 0.25$ とする。

まず、必要条件 $\rho > \mu$ を確かめると、

$$\mu = 0.6 \times 1.25 + 0.4 \times 0.7 - 1 = 0.03 < 0.25 = \rho$$

より満たしている。次に、上昇係数と下落係数の上

限を確認すると、

$$\bar{u} = \frac{1.25}{0.6} = 2.083 > 1.25 = u$$

$$\bar{d} = \frac{1.25 - 0.6 \times 1.25}{1.25 - 0.6} = 0.769 > 0.7 = d$$

より、これも満たしている。

戦略の価値と閾値を計算すると、

$$NPV = V - 100$$

$$F_u = \frac{0.6 \times (1.25V - 100)}{1.25} = 0.6V - 48$$

$$\underline{V} = \frac{100}{1.25} = 80$$

$$V^* = \frac{1.25 - 0.6}{1.25 - 0.6 \times 1.25} \times 100 = 130$$

となる。最適な投資戦略は

$$F = \begin{cases} 0 & V < 80 \text{ のとき, 投資しない} \\ 0.6V - 48 & 80 \leq V < 130 \text{ のとき, 1 期間} \\ & \text{待って上がったら投資} \\ V - 100 & V \geq 130 \text{ のとき, 即座に投資} \end{cases}$$

であるので、プロジェクト価値が 80 億円以上ならば、1 期間待って価値が上がったら投資可能である。また、130 億円以上ならば、即座に投資可能である。

4 おわりに

本稿では、初学者に向けたリアルオプションの基礎として、後藤 [2] の第 1 章を紹介した。単純な離散モデルの紹介であったが、連続モデルでも必須の条件が導かれるなど、理論的なつながりがあることを示した。本稿がリアルオプションの概念の理解に対する一助になれば幸いである。

参考文献

- [1] Dixit, A. K. and Pindyck, R. S. (1994): *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton.
- [2] 後藤允 (2020): 「投資戦略の数値モデル—リアルオプションの基礎と理論」, 朝倉書店.

<JAROS2020 研究発表大会 大会ルポ>

JAROS2020 年研究発表大会ルポ

小田 潤一郎

((公財)地球環境産業技術研究機構(RITE) 主任研究員)

1. はじめに

2020年11月21日(土)と22日(日)の二日間にわたり、日本リアルオプション学会2020年研究発表大会が開催された。本学会にとって初めての「オンライン開催」となる大会であったが、青山学院大学国際マネジメント研究科の伊藤晴祥実行委員長をはじめとした皆様の事前準備と大会当日のリードにより、活発で柔軟かつ盛況な大会となった。

2. 第一日目(2020年11月21日)

第一日目はシンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」と「オンライン懇親会」が開催された。

2.1 シンポジウム_セッション1: 感染症モデルセッション

シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」の【セッション1: 感染症モデルセッション】では、最初に伊藤晴祥実行委員長(青山学院大学)から「パンデミックリスクマネジメント: パンデミックボンド等の事例紹介」とのタイトルで発表がなされた。今回のCOVID-19に関するパンデミック債を中心としつつ、1918-1920年のスペインかぜを含む歴史的事例との比較、そして東京ディズニーランドを運営する株式会社オリエンタルランドや株式会社東横インの債券にも言及した。

続いて森平爽一郎氏(慶應義塾大学)から「感染症数理(SIR)モデルから何を学ぶか? 入門と応用」とのタイトルにて発表がなされた。「高校生にも理解してもらえよう工夫している」との指摘の通り、SIR(あるいはSEIR)モデルにこれまでなじみのない方にとっても理解に役立つ発表であった。

澤木勝茂氏(元南山大学)から「感染症のパンデミックをいかに制御するか」と題して確定モデルのみならず確率モデルを含めた発表がなされた(佐藤公俊氏(神奈川大学)との研究)。本来2時間以上必

要な濃厚な内容を45分に圧縮してお話いただいた。発表の結びでは「経済と健康被害のトレードオフがそもそも存在するのか?」との問題提起もなされた。

井上剛氏(株式会社三菱総合研究所)から「SEIRモデルを用いた感染シミュレーションと経済影響の評価」と題して、実際の感染者数を参照しつつ、今後のシナリオ分析内容について発表がなされた。エンドポイントとして社会的関心の高いGDPに注目していた点が特に印象に残った。

2.2 シンポジウム_セッション2: JAROS 法人会員基調講演

シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」の【セッション2: JAROS 法人会員基調講演】では、最初に武藤英明氏(JPMC 日本管理センター株式会社 代表取締役 社長執行役員)から「ポストコロナ時代に PropTech がもたらす成長戦略」とのタイトルで事前録画・動画によるご講演をいただいた。COVID-19の影響について「入居者が減少したが退去者も減少」「(店舗のテナント等と異なり)賃料の滞納率についての心配も杞憂となったと言った良い」とのことであった。



武藤英明氏(武藤英明氏提供の動画より小田抜粋)

さらに、不動産に関する技術（PropTech）を従来から導入・活用してきたが、（COVID-19の影響もあり）今後さらに PropTech 利用を加速・拡充するとのこと講演であった。具体的には、これまでの賃貸契約方式（不動産屋を回り内見し不動産屋で契約する）ではなく、スマート仲介（スマートキー、LINE や web による契約等を組み合わせる方式）を PropTech 利用の 4 本柱の 1 つとして進めるとのご講演であった。

森中一郎氏（株式会社エフアンドエム 代表取締役社長）から「当社におけるコロナ禍での取り組み」とのタイトルにてご講演いただいた。1990 年にスタートしたフラワーメッセージ事業は「商品を差別化できないならどうするか」という発想と米国の実態調査に基づき開始した。その後、会計サービス事業、具体的には 1000 枚のレシートも処理し、できるだけ節税できる記帳代行サービスを展開した。さらに、会計アプリの開発・展開、中小企業の補助金・助成金の取漏れ診断を実施している。足元の状況として「COVID-19 の影響はより長期化する」との認識が中小企業の社長の皆様にも広がりつつあり、「Zoom によるオンライン面談」も 2020 年 10-11 月に増加したとのこと講演であった。



森中一郎氏（森中一郎氏ご講演より小田抜粋）

2.3 シンポジウム_セッション 3：応用セッション

シンポジウム「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」の【セッション 3：応用セッション】では、最初に高森寛氏（青山学院大学）から「ソーシャルディスタンスと拡散事象のネットワーク分析」と題して発表がなされた。類似コミュニティ（small world）内のつながりを断つ戦略と、（遠い）コミュニティ間のつながりを断つ戦略では、影響が異なる（後者の戦略の方が拡散抑制のためにより重要、もちろん両方の戦略を同時にとればより有効）との発表であった。

次に小倉宏之氏（日本経営数理コンサルティング株式会社 取締役社長）から「コロナ禍における生命リスクが保険事業に与える影響と課題」というタイトルにて発表がなされた。COVID-19 が保険会社と再保険会社へ与えた影響を比較すると（現段階では）再保険会社への影響は限定的であり、これはリスク

ヘッジ策をここ 2,3 年間に拡充してきた効果と考察されるとの発表であった。続いて「2020 年の COVID-19 感染は過去のパンデミックと何が違うか」について言及した後、COVID-19 感染者数のソースごとに「CSV データがあるか」「履歴データがあるか」「（数日といった）時間遅れがあるか」「ソース間の感染者数に違いがあるか」について発表がなされた。

2.4 オンライン懇親会

以上が第一日目のシンポジウムであるが、その後「オンライン懇親会」が開催された。懇親会では本研究発表大会の発表・講演にまつわるお話に加え、COVID-19 の（公私にわたる）影響や最近出版した著書を含む近況について話が盛り上がり大変盛会であった。

3. 第二日目（2020 年 11 月 22 日）

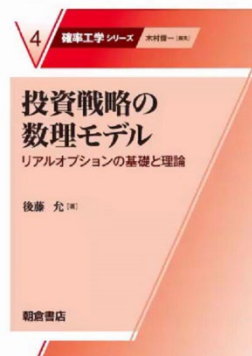
3.1 チュートリアル

第二日目の午前後は藤允氏（北海道大学）からチュートリアル「投資戦略の数理モデル-リアルオプションの基礎」がなされた。本チュートリアルは 2020 年 7 月に出版された後藤允「投資戦略の数理モデル:リアルオプションの基礎と理論」の第 1 章に基づく内容である。

具体的には、リアルオプションに入る前段階としてキャッシュフロー、NPV、割引率、WACC 等に着眼した後、リアルオプションの概念・考え方、リアルオプションの離散モデル、さらには金融オプションとの違いについてレクチャーいただいた。その中で、企業 A、企業 B、・・・といった事例を挙げている点も印象的であった。

投資戦略の数理モデル

- 初学者が単純なモデルを一冊で完璧に理解することを目指す入門書
- 演習問題・解答付で最初の一冊に最適



後藤允氏（後藤允氏チュートリアルより小田抜粋）

3.2 研究報告

第二日目の午後には計 12 件の研究報告がなされた。これら研究報告の内容（ただし小生の理解に基づく）や小生の印象等を以下紹介する。

査読セッションとして、遠藤操氏（電力中央研究所）は「燃料費調整付き卸電力購入契約におけるスイング・オプションの価値評価」と題して、日本の原油輸入価格という実データに基づくスイング・オプションの評価手法について提案を行った。

研究報告の一般セッション（Track A）として、宮原孝夫氏（名古屋市立大学）から「リスク鋭感的価値尺度（RSVM）の拡張とその応用」とのタイトルにて、これまで長年にわたり構築してきた厚みのある評価手法に対しさらに拡張・応用を加えた研究成果が発表された。

高嶋隆太氏（東京理科大学）は「Feed-in premium 制度の市場への影響と社会厚生」とのタイトルにて、変動型 FIP を明示的に考慮しつつ、需要や価格の不確実性が存在する中、消費者負担、社会厚生との関係に踏み込んだ研究内容を発表した。

政策研究大学院大学の伊藤和哉氏、田中誠氏、東京理科大学の高嶋隆太氏は「FIP 政策を考慮した発電と送電の投資意思決定」とのタイトルにて、売電収入最大化を行う発電事業者、社会余剰最大化を行う送電事業者を明示的に考慮しつつ FIP 制度を分析した内容を発表した。

東京理科大学の桑原大樹氏、伊藤真理氏、高嶋隆太氏は「不確実性下における分散型電源の投資意思決定～戦略的プロシューマーの市場競争～」と題して、プロシューマーが電力の供給者となる場合、消費者となる場合、といったように場合分けを行った上で、プロシューマーの分散型電源の投資意思決定について分析した内容を発表した。なお、本発表は本研究発表大会の研究奨励賞を受賞したことを強調しておきたい。

市村将太氏（青山学院大学）は「日韓洋上風力発電所へのリアルオプションの適用について」と題して、日韓の国際送電線と国際送電線の途中で洋上風力を建設した場合に着目し、国際送電線の空き容量を活用した送電オプションを満期 10 年のオプションとみなし評価した分析内容を発表した。

研究報告の一般セッション（Track B）として、伊藤晴祥氏（青山学院大学）は「不動産投資におけるパンデミックリスクに関する一考察」と題して COVID-19 が不動産投資の β に与えた影響他について発表した。不動産投資はリスクが高まっていること、不動産投資は下方リスクが高くリスクヘッジの実施が望ましいこと、SDGs/ESG/CSR を意識した不

動産投資であれば下方リスクが抑えられる可能性もあること、との指摘がなされた。

佐藤公俊氏（神奈川大学）は「二次流通市場を考慮した収益管理モデル」と題して、人気のあるコンサートやスポーツイベント等のチケットについて、公式の CE（Centralized Exchange）システムを導入した場合の分析内容を発表した。顧客のイベント参加可能性が低い時、CE システム導入により社会厚生が増加する結果を得たとの発表であった。

Fiyori Afeworki Negash 氏（北海道大学）は「Small Businesses' Awareness, Experience and Attitude towards Microfinance in Asmara, Eritrea」と題してエリトリアのマイクロファイナンスについての発表を行った。具体的に、マイクロファイナンス実施機関を中小企業が知っているかどうかは教育レベルと正の相関があるが、経済成長を志向しているほどあまり認知していない結果を得た、との発表がなされた。

後藤允氏（北海道大学）は「A Note on Solutions of Real Options Model with a Quadratic Flow Function」と題して、収益関数が二次関数の場合に得られた解は真に最適であるかどうかを検証し（ほぼ）証明したとの研究成果を発表した。

加藤敦氏（同志社女子大学）は「Empirical Study of Startup and Turnover from the Real Options Perspective」と題し、IT 技術者の転職・起業に関するアンケート結果に基づく実証分析について発表した。具体的に、IT 技術者が今後 5 年以内に転職・起業を検討しているかどうかは、1)その人の人的資本の不確実性が高いほど高まること、2)その人の人的資本の不確実性と勤務先企業の不確実性の間の相関係数が低いほど高まること、等の結果が得られたとの指摘がなされた。

4. おわりに

二日間にわたる本研究発表大会は、本学会にとって初めてのオンライン開催であった。そのため、青山学院大学の伊藤晴祥実行委員長をはじめとして参集・開催した本研究発表大会実行委員会は、例年行っている実行委員会以上に念入りに時間をかけて行った。改めて伊藤晴祥実行委員長はじめ準備にかかわった皆様、参加・ご講演・ご支援・サポートいただいた皆様に感謝申し上げたい。

なお、2020 年の本大会の事後にあたる 2020 年 12 月 9 日にも実行委員会を追加開催し、本大会の情報共有・統括、さらには 2021 年の研究発表大会に向けた方針が議論された。2021 年の研究発表大会は後藤允氏（北海道大学）のリードの下、開催することを予定している。2021 年の研究発表大会にも大いに期待したい。

<JAROS2021 研究発表大会 基調講演 講演要旨>

独自成長と選択肢価値化の戦略実務

宮口 直也

(アジュアスカイコンサルティング株式会社 代表取締役 博士(工学))

1. はじめに

本日の講演では、「独自成長と選択肢価値化の戦略実務」と題し、新事業の立ち上げや既存事業の再構築といった際に検討することとなるであろう選択肢について、その持ち方、あるいは、正しいのかといった視点から、戦略構築の実務について考察してみたい。

本講演では、実事例を交えつつ、弊社が実際に行っているコンサルティングのフレームワークなどもお伝えし、みなさまの今後の実務のお役に立てれば嬉しい限りである。

2. 事例紹介：MCTオイル

さて、みなさまは「MCTオイル」という商品をご存知だろうか。MCTとは中鎖脂肪酸、Medium Chain Triglycerideのことである。

MCTオイルを知らなかったとしてもココナッツオイルの主成分だといえ、身近に感じていただけるかもしれない。

ココナッツオイルの場合、その独特の風味から料理に合わせにくかったりするが、MCTオイルは、無味無臭で、料理に掛けたり、コーヒーに入れたりなど、昨今、食べる健康油として注目を集めている。



図1：MCTオイル（勝山ネクステージ社製）

こちらの商品は、宮城県の勝山ネクステージ株式会社のMCTオイルである。販売を開始した2016年頃には、アマゾンや楽天の植物油部門で1位を獲得し、現在も販売が伸びている。

こちらのMCTオイル、特長としては、高品質なココナッツ由来100%という点である。MCTオイルがパームヤシやココナッツなど様々なヤシの実から抽出できるものの、高級な素材にこだわった商品となっている。

そして、ビジネスとして大切な訴求点は「ダイエットに！」、「健康維持に！」、「トレーニングに！」という用途提案である。

MCTオイルは、コーヒー、味噌汁、サラダ、冷奴などに掛けたり混ぜたりすることで、食べるオイルとされている。

MCTオイルを摂ることでどのようなメリットがあるのかといえば、体内で脂肪を使って「ケトン体」と呼ばれるエネルギー源が生成されることで、ダイエット効果やアスリートの持久力向上などが期待できる。

これはつまり、一般に、油というのは体に悪いもので摂らないようにすべきものという認識が形成される中、良い油を上手に摂ることで健康になりませんか、というご提案といえる。

従前、大手メーカーからMCTオイルは販売されていた。主に、介護施設などで食事が摂れなくなってきた高齢者のエネルギー添加といった用途で使われていた。このため、なかなか一般の消費者の目につくことはなかったといえよう。

ここで、ビジネスの観点から面白いのは、化学成分としては限りなく同じような商品であるにもかかわらず、異なる展開となっていることである。

こうしたビジネス展開の違いは、どうして生まれるのか、どのような選択の結果なのか。その結果、収益性や成長力に、どのような違いをもたらすのかを考えていきたい。

3. 成長戦略に違いをもたらす方向性の選択

経営において、成長戦略とは中長期的な成長の方向性を見出していくことである。これはいわば経営の舵取りであり、重要な選択である。

不確実性下にあって、成長戦略をいかにして描いていくのか、どのような方向性を目指していくのか。

こうした経営者の悩みに応えるべく、独自路線の成長戦略を描くということについて、経営者やプロジェクトメンバーに「利益性マトリクス」を用いてその方向性を示すようにしている。

3.1 利益性マトリクスとプロフィットゾーン

成長の方向性に根拠と自信を持って進んでいくためには、その方向性の先にどんな状態があるのかを予め指し示すことができる規範的なフレームワークが欠かせない。

そのため、弊社では専門とするプロフィット・デザインの視点、利益性の視点から成長戦略を分類するフレームワークを考案し、これを「利益性マトリクス」と名付け、このなかで目指すべき象限を「プロフィットゾーン」とし、目指す方向性とそのゾーンに行くことで手に入れることができる高収益な経営状態を解説している。

図2に利益性マトリクスとプロフィットゾーンを示す。プロフィットゾーンは、いわゆる高収益ゾーンで、言い換えるならば、ここに進めばある程度のリスクはあるが、同時に、努力が報われやすく高リターンが期待できるというものである。

一方、今の象限にいるかぎり、今以上に利益性を高めていくことは構造的に難しいことも示している。

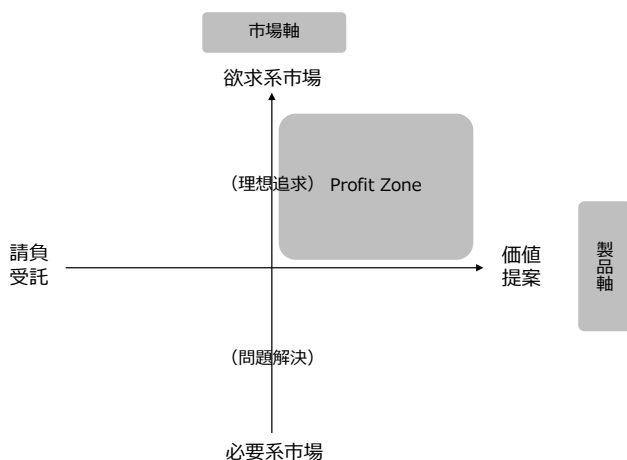


図2：利益性マトリクスとプロフィットゾーン

3.2 市場軸（縦軸）の考え方

では、プロフィットゾーンを目指して行くためには何をしていけばよいのか、どのように経営の方向性を選択していけばよいのか。事業モデルを構築していく中でどのような選択を積み上げていくことが必要なのかについて解説する。

まず、利益性マトリクスの縦軸は「市場軸」である。市場を筆者の経験から実務的に使える程度にまとめたのが、利益性マトリクスの市場軸の上側と下側に示した「欲求系」と「必要系」である。

分かりやすさから、まず下側の「必要系」について解説していく。ここで「必要系」市場とは、文字どおり顧客にとってなんらかの必要性が生じているものである。これは概ね顕在化した顧客心情であり、必要性の発生は大抵の場合、外因的であるという特徴がある。

例えば、少子高齢化や共働きといった社会問題への対応、新たな法令等の施行によって法令順守のためのマニュアル整備やシステム開発、あるいは社内業務の効率化といったことである。

このように、なんらかの必要性に迫られることで市場が生まれる。この市場は、需要が顕在化しているので売上面からビジネスは展開しやすいものの、自分たちで創った市場ではないことから価格面では厳しく、よって利益性は期待しにくいこととなる。

続いて、利益性マトリクスの市場軸の上側の「欲求系」市場とは、顧客が“欲しい”と思うことで生まれる市場である。例えば、もっと会社を成長させたい、健康に美しくなりたい、能力知見を高めたいなどである。

この「欲求系」市場は、顕在化している「必要系」市場よりも見えにくいという意味でリスクが高い一方、欲しいということから生まれる顧客の支払い意欲から、利益性が期待できる市場となる。

新事業の構築を進めていく中で、この製品は売れるのだろうかという心配から、どうしても顕在化して見えている「必要系」市場に意識が向きがちである。

これは、同じ製品サービスであっても、その製品サービスがもたらす価値便益や用途の設定次第で、どちらの市場にでも行ってしまうことに起因する。

例えば、最初にご紹介したMCTオイルの場合、大手メーカーは介護施設でのエネルギー添加という顕在化した必要系市場を対象としているのに対して、勝山ネクステージは、より美しく健康に、アスリートの勝ちたい、といった欲求系市場を対象としていることが分かる。

新事業、新商品の企画にあたり、売上の根拠を見

出そうとしすぎると、「必要系」市場に引っ張られてしまいがちである。

よって、新事業、新製品、新サービスの企画にあたって、それがもたらす価値便益は「欲求系」市場向け、顧客が“欲しい”と思える設定を目指すことがプロフィットゾーンへの選択意識となる。

特に、中小ベンチャー企業でしっかりと成長を歩んでいくためには、売上よりも利益が大切であり、その利益の再投資によって拡大再生産の道を歩むことが王道である。そのためには、「必要系」に堕ちることなく、まだ見えぬ「欲求系」市場に賭けていく意識が欠かせず、高収益な新事業を生み出すための選択意識の基本となる。

ここで、市場軸において「欲求系」市場を目指すことの重要性をもう少し補足しておきたい。それはビジネスを考えるうえで前提として認識すべきことは「足りている」ということである。

今の時代、大方のモノは足りている状況にある。この「足りている」ということのニュアンスは、物的にほぼ足りているということであり、このことからモノを売ろうとしてもそう簡単には売れないということが分かる。

よって、市場を物理的なものとしてではなく、心理的なものとして捉えることが大切であり、その実践的選択が「欲求系」市場なのである。

より理論的には、市場を性別、職業、居住地、年収といったデモグラフィック基準で考えるのではなく、顧客の価値観、好み、ライフスタイルといったサイコグラフィック基準で捉えることである。

足りている時代にあって、市場創造、顧客創造、需要喚起といったことというのは、もはや製品の物理的なことではなく、製品サービスがもたらす価値便益、顧客の心情まで届いてはじめて市場を創造することができることとなるのである。

3.3 製品軸（横軸）の考え方

続いて、利益性マトリクスの横軸は「製品軸」である。この左側は「請負受託型」、右側が「価値提案型」である。

まず左側の「請負受託型」とは、顧客側あるいは世の中一般的に決まっている仕様の仕事について、その実行を代行するタイプの仕事である。

この型は、能力技術が高かったり、専門技術を要するような分野で多く見られるが、そうした能力を持ちながらも、誰かに決められた仕事を行うため、どうしても下請的になりがちである。

結果、価格交渉力に乏しく利益性の視点から努力が報われにくい傾向が生まれる。

なぜ、努力が報われにくいのかということについて考察を深めれば、一つの原因が見えてくることとなる。それは、「製品サービスとして能力技術をそのまま売ってしまっているから」にほかならない。

さらに、仕事の仕様が顧客側が握っていることから、他社でもできるという状態で交渉テーブルに着くことで、価格競争になりがちであることも利益性の視点から報われにくい傾向を生んでいる。

これに対して右側の「価値提案型」とは、こうした能力技術を顧客の価値便益に転換してから販売するタイプの仕事である。

例えば、請負受託型のセールストーク「特殊なプレス加工承ります」を価値提案型のセールストーク「金型不要の部品製造」に転換してからビジネスを展開することである。これによって、金属加工下請業と金属部品メーカーの違い、製造代行なのかメーカーなのかという、ビジネスとして決定的な立ち位置の違いが生まれる。

この製品軸の左から右に行く企画開発プロセスを提案化とよび、新事業構築の開発目標としている。

具体的には、たとえ狭くても能力技術を自社製品とよべる範囲で設定し、付帯サービス、提供方法等も含めて顧客が選んで買えるところまで準備することである。

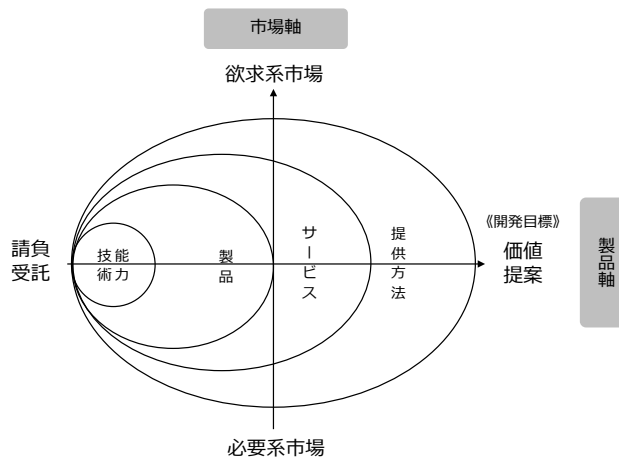


図3：価値提案の企画開発プロセスイメージ

多くの技術系企業、モノづくり企業は、能力をそのまま売ろうとしたり、製品を売ろうとするが、これではまだビジネスとして価値を提案できるまでに至っていない。まだ開発途中、準備不足の状況なのである。

これが、能力技術が高いが故にビジネスが下請的になりがちな原因と、そこから脱却するための対策である。

4. 価値を提案するということ

ここまで、能力技術を製品サービスに仕上げ、ここに、サービスや提供方法まで含めて準備するという提案化プロセスについて解説してきた。

これに続いて、この提案をお客様が欲しいと思えるような価値に仕上げていくプロセスについてお伝えしていきたい。

4.1 価値化の3要素とキーコンセプト設定

製品サービスがプロフィットゾーンを目指して大方の準備が整ってきたならば、最終的にはお客様に欲しいと思っていただけるように、その価値をお伝えできるレベルまで磨き込むことが欠かせない。

弊社では製品サービスの価値を訴求するための実務的なフレームワークを用いて、クライアントと共にこれらを考えることに取り組んでいる。

具体的には、価値を訴求するために、ベネフィット、コンセプト、ストーリーの3要素について考えることである。

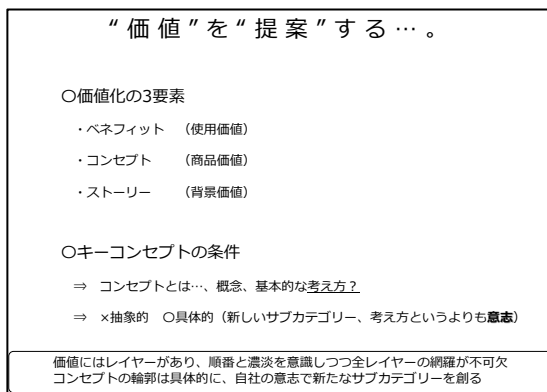


図4：価値提案の実務

ここで、「ベネフィット」とは便益であり、製品サービスを使用することでどのように嬉しいのかを表すことである。ビジネスとして考えるならば、この便益が、提供側から見た売り物であり、お客様が対価を支払う価値部分でもある。

続いて、「コンセプト」とは、製品サービス自体が持つ価値であり、考え方や意志、競合との違いを表す部分である。さらに、「ストーリー」とは、製品サービス、あるいはビジネスの背景的な価値である。

ここで大切なことは、ビジネス、製品サービスの魅力を訴求しようとする際、こうした階層、レイヤーの違いがあって、そのことに理解を持って取り組むことである。

お客様向けの営業トークでは、ベネフィット、コンセプト、ストーリーという順番も大切である。

例えば、福島県にある古い湯治旅館の場合を見ていきたい。

こちらの旅館、ホームページを見るとこれらの3要素が見て取れる。

- ・ベネフィット：心と体を整える
 - ・コンセプト：もう一つの実家(実家みたいな旅館)
 - ・ストーリー：400年の歴史、湯治文化、自噴泉等
- こうした3要素をしっかりと軸に据えた上で、客室や料理などを組み合わせて、様々な宿泊メニューを企画し提案している。

大切なことなのでもう少し補足すれば、この旅館は「心と体を整える」というベネフィットでお客様から宿代を頂戴しているということである。そして、あまたある旅館ホテルの中で、「お客様の実家のような旅館でありたい」との意志をコンセプトとして掲げ経営にあたっている。そして、400年超の歴史と湯治文化というストーリーで、商売に深みをもたらしているのである。

多くのビジネスで、製品サービスでは良い物を持っていながら、価値訴求の段階を軽視するあまりに、失敗に終わらせてしまっている。

特に、コンセプトの誤用は頻繁であり、少し補足したい。

コンセプトとは直訳すれば「概念」であり、ビジネスや製品サービスを現わす基本的な考え方と理解されている。つまり、「考え方」であるが故に、どうしても抽象的、詩的になりがちである。

コンセプトという用語の定義はさておき、ビジネスにおいて力を宿すコンセプトとはより具体的なものである。弊社ではこれを「キーコンセプト」と呼び、コンセプトメイクにあたっては、当該分野で新しいカテゴリー、今よりも詳細な側に落とし込むサブカテゴリーとして設定するようにしている。

例えば、湯治旅館というカテゴリーの下に「実家みたいな湯治旅館」といった具合である。

また、ストーリーについて目につく誤用は、ブランディングなどという名目でストーリーだけで販売を促進しようとするような取り組みである。

少し考えれば分かることだが、使用価値、商品価値の具体的な訴求のないまま、背景価値だけで買ってもらおうとするというのは無理というものである。

背景的価値というのは、いわば社是や経営理念のようなものであり、「ウチは良いことを考えている会社だから商品を買ってください」は無理筋である。

昨今では、応援購入といったことでこうしたストーリー訴求の販促を目にするが、単発の募金ならまだしも、こうしたことで継続的な事業の運営は望めないのである。

4.2 全ての営業媒体は“提案書”であること

こうした準備を経て、いよいよ販売という段階でも、つまずきは起こり得る。

まずは、みなさまがビジネスでお使いの商品パンフレット、WEB サイト、パワーポイント資料などを「提案書になっているか？」という視点で見返していただきたい。

“価値”を“提案”する…。

○提案書化の要件

- 誰向けか? : 顧客別
- 用途は? : 用途別
- 購入後は? : 便益別

⇒ これらが書かれた“提案書”がカタチになっていること。

提案とは商品サービス自体ではない。“購入後”を提案していること。
営業媒体はすべて“提案書”であること。

図 5：提案書化の実務

多くの場合、特にモノづくり企業の場合、営業資料が、製品サービス紹介、製品開発報告書、会社紹介などになってしまっている。

例えば、説明の流れが、社会的ニーズ、技術的課題、技術開発の成果、製品の特長、やっと最後の適用例にきて初めてお客様のことがちょっとだけ出てきたりしていないかということである。

これを提案書と呼べる営業資料に転換していくには、情報発信媒体を顧客別、用途別、便益別に作り分けることである。

そして、これらをしっかりと紙やweb サイトなどのカタチに仕上げておくことである。「聞いてくれれば答えられる」は請型ビジネスの典型であり、今は価値提案型のビジネスを目指している。

大切な理解は、提案とは、製品サービスをお勧めすることではなくて、製品サービスの購入後をお勧めする活動であるということである。

つまり、営業トークが、製品サービスの解説であったならば、その営業トークは製品サービスの情報提供でしかなく、お客様に購入を迫っているものにはなっていないのである。

情報提供なのであるから、お客様からの反応は「勉強になりました」で終わってしまうのも当然なのである。

こうした知恵を以って、渾身の新製品サービスの営業媒体は、すべて“提案書”であることを目指して欲しい。

4.3 通販に学ぶ提案の型

ここまで、プロフィットゾーンを目指す新事業構築、既存事業再構築の進め方をお伝えしてきたが、大抵の場合、あまりのハードルの高さに眉間にシワが寄ることになる。ただし、安心してほしい。要点を押さえて積み上げていけば、必ず売れる商売に仕上げていくことができる。

参考までに、通販は販売スキルの宝庫である。その昔の通販はいわゆるカタログ型と呼ばれる商品陳列的なものが多かったが、昨今の通販は提案として秀逸なものが多い。

出典：トレインショップ 株式会社JR東日本商事

図 6：通販の秀逸事例

例えば、こちら、東北新幹線の中に置いてあった通販冊子の中の商品であるが、秀逸な販売事例として紹介させていただいている。この商品は「滑り止めマット」で、雪が降った時にさっと敷くだけで滑りにくくなり転倒を防止するといったものである。

ただし、よく見ていただきたい。こちらの商品、普通のゴザである。これをしっかりとお客様のための応用用途を考え、「冬の降雪に備えませんか？」とご提案しているのである。

こうした一工夫が足りていないことで、販売が伸びないパターンには根本的な理由がある。それは、「自分で売ろうとしてない」からである。

多くのモノづくり企業はモノを作るまでしかイメージしていない場合が多い。良い商品を作れば、あとは卸売、小売、商社、代理店が売ってくれると考えている。

自分で売ろうと考えることが価値提案型ビジネス、プロフィットゾーンを目指す上で大切な意識である。

5. おわりに

これまで、独自性あふれる新事業構築、既存事業再構築といった視点から、その過程における選択、準備の進め方についてお伝えしてきた。みなさまのビジネスの益々のご発展に何かしらお役に立てることを切に願っている。ご清聴に感謝する。

以上

<JAROS2021 研究発表大会 大会ルポ>

JAROS2021 年研究発表大会ルポ

小田 潤一郎

(秋田大学大学院国際資源学研究科 准教授)

1. はじめに

2021年11月27日(土)と28日(日)の二日間にわたり、日本リアルオプション学会2021年研究発表大会が開催された。本学会にとって2回目の「オンライン開催」となる大会であった。北海道大学経済学研究院の後藤允実行委員長をはじめとした皆様の事前準備と大会当日のリードにより、盛況かつ活発な大会、そしてスムーズな大会進行となった。さらには、パラレルに分かれる研究発表のない大会であり、より一体感が増した大会であった。



後藤允氏 (後藤允氏による総司会; 小田抜粋)

手法に関する一考察」と題して発表が行われた。パンデミックボンド等を利用したリスクファイナンス手法は、感染率が40%程度であれば、有効になりえることを示した。

後藤允氏(北海道大学)・田園氏(龍谷大学)の研究「Optimal Vaccination Strategies in a Stochastic SIS Model: A Real Options Approach」について、田園氏から紹介がなされた。文献や官公庁が公開しているデータから、集団接種実行のタイミングをリアルオプションモデルで推定し、実務的な知見と整合的であることが示された。



伊藤晴祥氏 (伊藤晴祥氏ご発表より小田抜粋)

2. 第一日目 (2021年11月27日)

第一日目は午前に研究報告、午後に基調講演及び特別講演が開催された。

2.1 研究報告

第一日目の午前に、COVID-19ととりわけ関連の深い計3件の研究報告がなされた。

佐藤公俊氏(神奈川大学)、八木恭子(東京都立大学大学院)、澤木勝茂氏の研究「感染症のSIRモデルにおけるロックダウンの最適停止問題について」が澤木氏から報告された。そこでは、緊急事態宣言発出の効果に遅れがある場合を前提とした最適停止問題として定式化がなされた分析が紹介された。

伊藤晴祥氏(青山学院大学)は「パンデミックリスクマネジメントにおいて有効なリスクファイナンス

2.2 基調講演・特別講演

宮口直也氏(アジュアスカイコンサルティング株式会社)から「独自成長と選択肢価値化の戦略実務」と題する基調講演がなされた。その中で、価値化の3要素、すなわち1. ベネフィット、2. コンセプト、3. ストーリー、とこれらの記載順序について配慮すべきとの指摘がなされた。一般に3→2→1の順に説明しがちであるが、お客様には1→2→3の順で説明することが有効であるをご紹介いただいた。

高嶋隆太氏(東京理科大学)から「費用、便益、そしてリアルオプションリスクと不確実性への対応」と題した特別講演がなされた。日本の確率的生命価値(VSL)は海外での調査結果と異なり、年齢と共に上昇する傾向があることが示された。その要因として日本の社会保障が充実していることが考えられ

るとの指摘がなされた。また、死亡する人が特定されているか、死亡する人が特定の地域に偏っているか、という要素の影響も大きいことが紹介された。



宮口直也氏（宮口直也氏ご講演より小田抜粹）



高嶋隆太氏（高嶋隆太氏ご講演より小田抜粹）

3. 第二日目（2021年11月28日）

3.1 研究報告（午前）

第二日目の午前に、熊沢拓氏（SBI大学院）から「企業のサステナビリティ行動による企業価値の定量評価 リアルオプションアプローチによる定量化」と題する発表がなされた。その中で、スターボックスがプラスチックストローから紙ストローへ変更したことも例示された。

同氏は引き続き次の「人的支出は費用か投資か？リアルオプションによるモデル化と実証研究による解」と題する発表を行った。時価総額の大きい企業が石油やハードウェアなどの企業群からソフトウェア系の企業へシフトしてきた流れも紹介された。

佐藤清和氏（金沢大学）は高橋正人氏（信州大学）、大谷毅氏（信州大学）との研究「資本コスト場における財政状態予測モデル」について報告を行った。通常、物理学で扱われる運動方程式を企業の財政状況の評価・指標として適用した「企業運動方程式」を導入し、さらに予測を行ったとの報告がなされた。

3.2 研究報告（午後）

第二日目の午後、まず武内幸生氏（南山大学）から竹澤直哉氏（南山大学）、赤壁弘康氏（南山大学）との研究「遊休企業不動産活用のリアルオプション評価」について発表がなされた。既往研究について詳細

に紹介した後、「本業の利益率が4%を超えているかどうか」、「時価貸貸利益率が4%を超えているかどうか」、の2軸で分割した4象限別に考察を行った。なお、本発表はその後の審査の結果「日本リアルオプション学会2021年研究発表奨励賞」を受賞したことを強調しておきたい。

桑原大樹氏（東京理科大学）から高嶋隆太氏（東京理科大学）他3名との研究「プロシューマーの投資意思決定—リアルオプション・アプローチ—」について発表がなされた。不確実性下におけるプロシューマーの分散型電源投資などの分析がなされ、その結果、不確実性が高い場合、投資後、直ちにバックアップによる補填が行われることが示された。

市村将太氏（青山学院大学）から「洋上風力発電及び国際連系線が電力市場価格へ与える影響について」と題する発表がなされた。九州において再エネ供給量が過大となり電力価格が下がるケースも見られたが、国際連系線により日韓共にメリットが生じうる可能性が示された。

黒田祥太氏（東京理科大学）は伊藤真理氏（東京理科大学）他2名との研究「外国税額控除制度のリアルオプション分析」を発表した。移転価格操作(TP)、負債移転(DS)どちらにおいても投資タイミングが早まることを指摘した。

大川寛之氏（和歌山大学）は“The Difference between 2 Types of GARCH Class Model’s Responses Concerning Negative Price on WTI Crude Oil Futures Prices”とのタイトルにて発表を行った。2020年4月20日にWTI価格が-36.98\$/bblとなったことに注目した分析結果が示された。

研究報告の最後に、辻村元男氏（同志社大学）は“Capital expansion and reduction with two types of costs under output demand and capital price risks”とのタイトルにて、資本の拡張のみならず縮小も可能であることを明示的に考慮した分析について発表した。

4. 最後に

二日間にわたる本研究発表大会は、本学会にとって2回目のオンライン開催であった。北海道大学経済学研究院の後藤允実行委員長をはじめとした皆様の事前準備と大会当日のリードにより、盛況かつ活発となった大会であると同時に、スムーズな大会進行となった。改めて後藤允実行委員長はじめ準備にかかわった皆様、参加・ご講演・ご支援・サポートいただいた皆様に感謝申し上げたい。

2022年の研究発表大会は高嶋隆太氏（東京理科大学）のリードの下、開催することを予定している。2022年の研究発表大会にも大いに期待したい。

学会だより

● JAROS2022 研究発表大会について

日時： 2022年12月3日、4日（土日2日間開催）

場所： 東京理科大学神楽坂キャンパスもしくはオンライン（ハイブリッド）

大会実行委員長： 東京理科大学 高嶋 隆太 教授

編集後記

リアルオプション学会の機関誌「リアルオプションと戦略」第12巻第2号をお届け致します。JAROS2020兼JAROS2021特集号でございますが、JAROS2020から2年もたってからの刊行となりましたこと、深くお詫びを申し上げます。機関誌をお読み頂いているリアルオプション学会会員の皆様、JAROS2020及びJAROS2021にご登壇を頂き講演要旨をご寄稿頂いた皆様に大変なご迷惑をお掛け致しました。申し訳ございませんでした。次回は、JAROS2022特集号の刊行を予定しておりますが、2023年3月中の刊行を予定しております。今後は定期的に、機関紙を発行できる体制を整えるため、2022年9月から秋田大学の小田潤一郎先生及び神奈川大学の佐藤公俊先生に編集委員に加わって頂きました。今後は、スポーツファイナンス等の特集号の発行を予定しておりますが会員の方に時機に適った有益な情報を提供できるよう、定期的に発行して参りますので、引き続きご厚誼の程何卒宜しくお願い致します。

本号は、一昨年のJAROS2020、昨年のJAROS2021特集号ですが、大きな示唆を得られる論考ばかりです。JAROS2020は、パンデミックリスクにどう立ち向かうかというテーマでシンポジウムを開催致しました。その講演要旨6編とチュートリアルセッション要旨1編及び大会ルポを掲載しました。2年たった今も新型コロナウイルスに苛まれている状況ではありますが、パンデミックリスクに対処するためのヒントが大いに得られると思います。JAROS2021からは、基調講演要旨1編と大会ルポを掲載しました。どうぞ一読頂ければ幸いです。

また、部会の活動も再開しております。2022年10月27日には、イノベーション創出のための機動的マネジメント研究部会を開催致しました。その他の部会も開催に向け準備を進めておりますので、開催が決まりましたらメールやWEB等にてご案内をさせていただきます。今後も会員の方々に資するリアルオプションに関する学術あるいは実務的な論文や論考を定期的に刊行して行きたく存じます。引き続きましてご厚誼の程、何卒宜しくお願い致します。

担当編集委員 伊藤晴祥

日本リアルオプション学会法人会員リスト

日本リアルオプション学会は以下の法人の方からのサポートを受けています。感謝申し上げます。

株式会社 シーエスデー
株式会社 アーク情報システム
株式会社 構造計画研究所
日本管理センター 株式会社
株式会社 サンセイランディック
株式会社 翻訳センター
ダイドグループホールディングス 株式会社
株式会社 大和コンピューター
日東精工 株式会社
株式会社 エフアンドエム
株式会社 エムティーアイ
モリト 株式会社

日本リアルオプション学会 機関誌
リアルオプションと戦略 第12巻 第2号

2022年12月1日 発行

(機関誌編集委員会)

委員長：伊藤晴祥
委員：高森寛、佐藤清和、森平爽一郎、
小田潤一郎、佐藤公俊

発行所 **日本リアルオプション学会**

THE JAPAN ASSOCIATION OF REAL OPTIONS AND STRATEGY

事務業務担当：
〒104-0033
東京都中央区新川2-22-4 新共立ビル2F
電話：03-3551-9893 FAX：03-3553-2047



<http://realopn.jp>
