

リアルオプションと戦略

2020 March

Vol. 11 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 2019 研究発表大会 記念号

巻頭言

コロナ禍で「ESGプット」は存在したのか? [湯山 智教] ————— 1

公開
研究会
2019

講演要旨

ストック型インターネットメディアの特徴 [加藤 広晃] ————— 2
—ストック型コンテンツ開発と収益化について—

インバウンドとニューツーリズム —新しい旅行スタイルを求める訪日外国人たち— [安田 亘宏] 8

産業用ドローン市場の展望 —自律制御技術による業務効率化・無人化— [早川 研介] ——— 13

終末期ケアのイノベーションと普及 —在宅ホスピスの可能性— [高橋 正] ————— 20

大会
JAROS
2019

これからの都市防災 ～不透明な未来に向けて～ [廣井 悠] ————— 24

エネルギー・リスクマネジメントと海上輸送 [鳥海 重喜] ————— 31

人口減少時代のビジネスモデルと事業ポートフォリオ戦略 [長谷川 直和] ——— 36

AI vs. 人間という二項対立への疑問 ～翻訳会社の立場から～ [二宮 俊一郎] ——— 41

Pythonパッケージを用いた数理最適化の実践 [小林 和博] ————— 46

JAROS2019大会ルポ [佐藤 公俊・伊藤 晴祥] ————— 52

研究
メモ
書評

リスク鋭感的価値尺度 (RSVM) の拡張とその応用 [宮原 孝夫] ————— 55

後藤 允 著『投資戦略の数理モデル ～リアルオプションの基礎と理論～』 [高森 寛] ——— 59

編集後記

第11巻 第2号

目次

巻頭言

コロナ禍で「ESGプット」は存在したのか?.....	湯山 智教	1
----------------------------	-------	---

公開研究会 講演要旨

ストック型インターネットメディアの特徴.....	加藤 広晃	2
— スtock型コンテンツ開発と収益化について —		
インバウンドとニューツーリズム — 新しい旅行スタイルを求める訪日外国人たち —	安田 亘宏	8
産業用ドローン市場の展望 — 自律制御技術による業務効率化・無人化 —	早川 研介	13
終末期ケアのイノベーションと普及 — 在宅ホスピスの可能性 —	高橋 正	20

特集：2019研究発表大会

〈基調講演〉

これからの都市防災 ～不透明な未来に向けて～.....	廣井 悠	24
エネルギー・リスクマネジメントと海上輸送	鳥海 重喜	31
人口減少時代のビジネスモデルと事業ポートフォリオ戦略	長谷川 直和	36
AI vs. 人間という二項対立への疑問 ～翻訳会社の立場から～.....	二宮 俊一郎	41

〈チュートリアルセッション〉

Pythonパッケージを用いた数理最適化の実践	小林 和博	46
-------------------------------	-------	----

〈大会ルポ〉

JAROS2019大会ルポ	佐藤 公俊・伊藤 晴祥	52
---------------------	-------------	----

研究メモ

リスク鋭感的価値尺度(RSVM)の拡張とその応用.....	宮原 孝夫	55
-------------------------------	-------	----

書評

後藤 允 著『投資戦略の数理モデル ～リアルオプションの基礎と理論～』.....	高森 寛	59
--	------	----

〈学会ニュース〉

編集後記	60
日本リアルオプション学会法人会員リスト	60

JAROS 2019 研究発表大会 特集号

巻頭言

コロナ禍で「ESG プット」は存在したのか？

湯山智教

(東京大学公共政策大学院特任教授)

金融市場では、かつて「グリーンスパン・プット」「バーナンキ・プット」といわれるような用語があった。金融危機などで株価が大幅下落するようなどきには、米国 FRB が大胆な金融緩和策により救ってくれるとの期待が、損失を限定するプット・オプション（売る権利）と同じような役割を果たしていたことを、各 FRB 議長の名前にちなんで、こう呼ばれているようだ。今回のコロナ禍ではどうかというと、たしかに現 FRB 議長の「パウエル・プット」という声もしばしば聞かれるが、それよりも「トランプ・プット」という声も聞かれるのは、大統領選を意識して株価下支えに熱心な現職大統領をいささか皮肉っているのかもしれない。

いずれにせよ、2020 年 2 月以降、コロナウイルスによる感染症対策により世界主要都市での都市ロックダウン、わが国においても休業要請や移動制限などのために、経済活動が大きな制約を受けることとなった。こうした悪影響を見通して、同年 3 月には日経平均株価が急激に下落し、金融市場も大きな影響を受けた（最安値は 3 月 19 日の日経平均 16,552 円（終値ベース）。年初比 3 割強下落）。リーマンショックや東日本大震災後を超える規模の経済停滞をもたらしかねないとの指摘も聞かれる。このことはおそらく年初には世界のだれも予想していなかったリスクだろう。ちなみに、毎年、その年の世界市場にとっての 10 大リスクを発表して話題になっているユーラシア・グループによれば、2020 年の 10 大リスクは、1 位は米国大統領選で、7 位に気候変動が挙げられているが、世界的な感染症拡大のようなリスクはなかった。また、毎年 1 月に開催されるダボス会議では、「ステークホルダーがつくる持続可能で結束した世界」がテーマとなり、最大のトピックは気候変動やサステナビリティに関するものであった。

まさに予想されなかった巨大リスクに直面したということだが、リスクへの対応という観点からは、近年潮流となっている ESG 投資が有するとされるリスク軽減効果にも着目できるのかもしれない。ESG

投資とは、環境（Environment）・社会（Society）・ガバナンス（Governance）の 3 つの頭文字をとったものであり、ESG 要素を考慮した投資をいう。では、なぜ ESG 投資は、リスク耐性を有するとされるのだろうか。まずは、しっかりとしたガバナンス（G）を有する会社はリスクにも強いと考えられよう。この他に、ステークホルダーとの関係を重視したアプローチも考えられ、企業にとって、株主、負債提供者（銀行等）、従業員、地域社会、顧客などのステークホルダーの満足度が ESG 活動等を通じて向上し、より効果的な関係構築などを通じて、企業の抱えるリスク低減効果に資し、これにより企業価値向上につながるという見方である。さらに、ESG 投資はサステナブルな社会を見据えた長期志向を有するもので、短期的な株価下落（リスク）には反応せず（つまり売らない）、危機時には強いという可能性も考えられよう。

実際、株式市場においては、ESG 投資が、危機時においてリスク耐性があることがいくつかの論文で指摘されている（Lins et al. 2017 など）。債券の世界でも、ESG に似ているものとして、SDGs 債には相場下落に対するプット・オプションが内包されているとの指摘もある（森平・伊藤・小林 2018[リアルオプション学会研究発表大会報告]）。つまり、ESG 銘柄には、損失を限定する「ESG プット」が存在していた可能性があるわけだ。

では、今回のコロナ禍では実際に機能したのだろうか。ESG 銘柄の下落率を、市場平均と比べてみると、いろいろな見解があるが、筆者の調べた限りでは、必ずしも有意な差がでていないようだ。使用する ESG スコアにも大きく依存するが、わずかなリスク耐性は有していたとみる向きもある（拙著『ESG 投資とパフォーマンス』近刊）。本年秋のリアルオプション学会でも、コロナ禍を背景に「パンデミックリスクにどう立ち向かうか」がテーマとなるが、さまざまな知見の共有や情報発信がなされることを期待したい。

〈公開研究会 2019 年 6 月 3 日：講演要旨〉 於：野村総合研究所 会議室

『ストック型インターネットメディアの特徴 —ストック型コンテンツ開発と収益化について—』

加藤 広晃 氏（ポート株式会社 取締役）

講演者の紹介

本講演では、ポート株式会社（以下、当社）の事業戦略について取締役の加藤氏にお話しいただいた。IT の普及に伴い、書籍や専門家に頼っていたさまざまな情報がスマホや PC 経由で手軽に入手できる時代になっている。このような状況下、当社はコンテンツの充実に注力することで、IT の普及・成熟を収益につなげている。展開する分野の選定や専門性の担保など、事業を継続する上で重要な点は何なのかを解説していただいた。

1. 「ストック型」インターネットメディアとは

当社では記事をたくさんためていくことをストック型と呼んでいる。ストック型コンテンツを収益化するやり方が他社と異なる。

創業当時はソーシャルリクルーティングという社名であった。コーポレートミッションは、「世界中に、アタリマエとシアワセを。」であり、テクノロジーとマーケティングで社会課題を解決していくことを使命としている。

2011 年 4 月、東日本大震災の 1 カ月後に、現代表取締役の春日氏が設立した。大学時代からビジネスプランコンテスト運営：<https://bbank.jp/entrepreneur/interview/aroundtwo/1260/3>）などを通じて、企業の人事部と接点があった春日氏が、サムライ・インキュベートというベンチャー・キャピタル代表である榊原 健太郎氏（<http://port-kasuga.com/420>）から起業を薦められたこともあり、資本金 50 万円です立ち上げた。本社は新宿にあるが、宮崎県日南市にも支店がある。

直近の従業員数は 150 名体制で平均年齢は 29 歳である。春日氏も 31 歳と若く、上場企業の中でも数番目に若いと思われる。

私（講演者である加藤氏）は第 6 期が終わってから当社に入社し、入った当時は連続赤字 4 期目で、監査法人や銀行等に既存事業が黒字化している旨を説明する必要性を感じた。将来投資である広告宣伝費用の影響が大きかったものの、当社独自の経営方針に起因している。上場申請した第 8 期の売上高は約 30 億円である。創業来、ベンチャー・キャピタルの出資を仰ぎ、事業を成長させてきた。

2011 年当時はフェイスブックやツイッターが入ってくるタイミングであったので、これらの SNS が採用の手段として使えるのではないかと考え、ソ

ーシャルリクルーティングという社名にした。SNS を活用した新卒採用支援をやっていたのである。

しかし、これだといつまでたっても労働集約型であり、事業規模に応じて人を増やさないと利益が増えない。そこで、そこまで蓄積してきた大量の知識やナレッジを、すべてインターネットに掲載してみることにした。これが学生に受け入れられるかどうかを確かめるつもりであった。それがキャリアパークの始まりであり、2014 年度にリリースした。記事をたくさん書けば、それを知りたい学生がたくさん集まってくる。それが売り上げにつながる、という発想であった。

労働集約型の採用支援会社から、記事を大量に書くことで学生さんが集まって来る、というビジネスモデルに転換した。ソーシャルやリクルーティングにとどまらない会社になったので、現在のポートという会社名にした。この社名には港のように人が集まる会社にしたという思いが込められている。

2016 年には金融メディアのマネットをリリースした。横展開の領域として金融を選んだ。カードローンなどは単価が高く、再現性を検証しつつ、これが軌道に乗ったタイミングで 2018 年に東証と福証に上場した。つづいて 2017 年度には医療情報サイトのオンラインクリニックも始めた。

2. ビジネスモデル

当社のビジネスモデルはわかりにくいと言われていた。最近の学生さんは、何か困るとグーグル検索をする。昔であれば就活本であった。それを読んで履歴書を書いて就職活動をしていた。昔の就活本に相当するのが今はグーグル検索である。「履歴書の書き方」で検索したらキャリアパークの記事が先頭に出るように、良質の記事を書きためていく。キャリアパークの記事を読んでいくと就職説明会の勧誘が

出ており、学生さんがボタンを押すと当社のユーザー企業につながる。弊社ではこれを送客と呼んでいる。

昔は本であったものがネットに載っている。検索サイト経由で記事を見に来た学生さんを囲い込んでユーザー企業へと送客する。これがキャリアパークのビジネスモデルである。

横展開はどうやったかという、金融の場合、融資やカードローンの記事をたくさん書きため、本や雑誌を読まずともマネットを読めばある程度の理解に至るまでそろえることで集客につなげる。医療は、書籍でいえば「家庭の医学」など想像しやすいと思うが、当社では生活習慣病等に特化した「オンラインクリニック」を展開している。ただし医療や弁護士への送客は法的制約が高いので注意している。

本を買わずともよく理解できるレベルの記事を蓄積していることが決定的に重要である。検索する人が本当に読みたい記事を提供し続けないと検索で上位にあがらない。書き続けないといけないのである。上場時はキャリアパークが強かった。それにマネットというFXとカードローン用のサービスが出て、さらに2017年度に生活習慣特化型メディアであるオンラインクリニックをリリースした。現在は、ミツカル保険などのファイナンス領域や、債務整理の森、交通事故示談交渉などのリーガル領域に展開している。

当社の売上高は、送客件数×単価で表すことができる。また、同じく、アクセス数×CVR（コンバージョン・レート）も売上高になる。検索して当社サイトにアクセスした人が、実際の行動につながったかがコンバージョンである。どれくらい行動促進したか、ということである。単にアクセスを過大に増やすようなメディアにしてしまうと、グーグルの検索順位が下がってしまう。当社が気を付けているのは陳腐化しにくい記事を出し続けることである。CVRを維持することが重要で、ニュースの類いではなく、就職活動などにおける履歴書の書き方など陳腐化しにくい分野に注力することがポイントである。

3. データ分析

例えば経団連が通年採用に変化してきたときは、それに応じて記事の内容を少しリライトする。それが評価につながる。こまめに記事をアップデートすることでグーグルの評価も高まる。就職活動をしている学生50万人のうち、約半数の22万人がキャリアパークを使っており、3人に1人が会員といえる。会員限定の記事や就職説明会の記事を提供するなど

している。

CVRは定期的にチェックしている。この記事を見たから就職説明会に行ったな、ということ把握するなど、どのような行動をとったかをチェックしている。

4. カンパニーハイライト

インターネットメディア上場企業は67社あると言われる。イトクロ（学習塾のプラットフォーム）や価格コム、食べログなどさまざまなメディアが展開中である。

当社ポートは成長可能性説明資料にもある通り4象限の内、縦軸については成果報酬型である。ある学生の就職が決まったら報酬をもらえる仕組み、口座を開設したから金融機関から報酬をもらうという仕組みである。学生を採用したい側からすれば成功報酬の方が効率的である分、単価が高い。つまり送客価値が問われることになる。それに対して閲覧報酬はバナー広告を見たら課金される。行動につながるかどうかは不確実、その代わりに、単価は相対的に低くなる。基本的に当社はバナー広告はやらないで、成果報酬型でやっている。

横軸はキーワード検索である。数年前まではアグリゲーション型が多かったものの、最近では潜在キーワードを拾うものも増えてきた。グーグルに一番ヒットしそうな言葉をターゲットにする顕在型サイトがある。例えば、トヨタのプリウスを買いたい人にはプリウスの広告を前に出す。それに対して潜在型は抽象度が高い。「車」、「いつ買う」、といった抽象的な検索である。当社はこの潜在型であり、当社のビジネスでいえば、「就職活動とは」、とか、「スーツはどんなものを着ればいいのか」、さまざまな潜在的な行動を記事として書きためる。潜在的な記事の方が、量が膨大になる。

検索目的を絞り込んでいる顕在型か、絞り込み過ぎない潜在型か、成功報酬型か、閲覧報酬型かという軸があるが、当社は潜在型で成功報酬型である。従来のオールアバウトなどは閲覧報酬で潜在型のビジネスモデルとも言える。

当社のビジネス領域で収益化を実現するために重要なのがコンテンツの内製化である。1つのコンテンツで書籍並みの文章が必要で、また専門性も問われる。例えば、医療であれば、当社では3名以上の医師の協力を仰いだ。コンテンツのライフサイクルが長い分野をターゲットにすることも必要である。できるだけ陳腐化しない分野で書籍並みの分量が必要なコンテンツに特化したい。頻繁に更新が必要な

コンテンツは、相対的に資本効率が低いとも言える。当社のキャリアパークのユーザー数は約 20 万人いるが、ユーザーの層が厚い分野に特化することが大切である。つまり、広告単価が高いところを狙うのである。当社は層が厚く、成果報酬型の分野に入っているため、1 件当たりの単価が高くなる。

5. ストック型のコンテンツ開発

陳腐化しにくい分野で専門家の知見を踏まえて、書籍並みの分量を書きためる。そのうえで広告宣伝をかける。「就職活動」、「金融機関からお金を借りるには」、「どういったときに病院に行くべきか」、といったストック型コンテンツに特化している。

例えば就職活動では、「グループディスカッションとは」という基礎的なことから書きためる。基本的なことから書きためる必要があることから、初期投資に時間とお金がかかる。専門家にチェックしてもらったうえで広告宣伝することからも初期投資が非常にかかるため、これが 4 期連続で赤字を計上した主たる要因となっている。しかし一度損益分岐点を超えれば、後はもうけやすくなる。一度書くと、ため込んだ記事は更新するだけでよく、陳腐化しにくい分野のため、抜本的な更新は必要がない。リライト費用は限定的であり、そのため広告宣伝のコストが減っていく仕組みである。

このビジネスモデルで 9 期目を迎えた。上場する前の期（第 7 期）は赤字決算であったが、終わった期（第 8 期）から事業が損益分岐点を超え、全ての四半期で黒字化を達成した。どの分野で記事を書きかがポイントになるため、最初に投資をするが、それが本当に売り上げにつながるかどうかポイントになる。少なくともキャリアパークとマネットでは成功した。

ではなぜ横展開がうまくいっているか、その要因は何かというと、当社が現在手掛けている金融、人材、医療、は全く異なる分野ということにある。それぞれの分野で専門家を連れてきて専門性を高めているのは共通している。医療は医師と看護師に監修してもらっている。ファイナンスは元金融機関の方に監修してもらっている。

ビジネスオペレーションについては編集のプロフェッショナルでチームを組んでいる。分かりやすい記事を書けるか、SEO で上位表示されるか、が重要である。今の学生は文字を読まず、画像で検索することもあるため、1 つの記事に画像を 1 つ入れることもある。これも SEO を意識した工夫である。ユーザーになってもらった人にかにお客さんになっ

てもらうかがポイントである。ただし、あまりにもしつこいとクレームになる。

キャリアパークは約 3 年で四半期売上高が約 2 億円になった。マネットではもっと早く、16 カ月で約 2 億円になった。キャリアパークで四半期売上高が約 3 億円になるのに 43 カ月であった。マネットは 28 カ月で、収益化が 1 年から 2 年分、縮んだことになる。横展開に手ごたえを感じているゆえんである。

キャリアパークは大学生 3 人に 1 人が会員である。ここを深掘りしたいと思っている。新卒の人材紹介から、第二新卒の人材紹介が始まっている。

大手企業はブランド力があるため、人材紹介に苦勞していない。大手企業ほどブランド力は及ばないが、大量の学生を採用したい企業にとっては、獲得が難しくなっていることからニーズが顕在化している。既存のリクルートの採用サイトだけでなく、一部、人材紹介も活用するようになってきている。1 人、学生を連れてきたら 50 万円というようなビジネスモデルである。ただし、あまり規模拡大を優先しすぎると人材紹介ビジネスモデルになってしまい、資本効率が悪くなってしまいうので、あくまでもキャリアパークのメディア価値を強くする事業の一環としてやっている。また、メディア一辺倒だとリスクも高くなる。例えばグーグルにノーを出されると SEO ではどうにもならないので、人材紹介会社向けにリアルビジネスなどリスクを分散したサービス展開を行っている。

一方、ファイナンスでリアルを追求するのは一定のハードルがある。カードローンや FX、保険などは貸金業や資金決済法の規制がある。

メディカルはリアルでの挑戦を始めている。遠隔診療システムで、医師および医療機関と患者をつなぐプラットフォームとしてサービスを提供している。

人材産業は市場として大きい。新卒市場は 1000 億円とみているが、当社の売上高は 20 億円であり、まだ伸びしろがある。いまのところキャリアパークをしのぐメディアは存在しないが、日本の将来として学生数は減るものの、採用難易度から単価は徐々に上がってきているので、現在の当社のポジションを維持していきたい。

ファイナンスに関しては、カードローン、FX、保険など、金融リテラシーに関するメディアを作りこもうとしている。金融広告の市場も大きいものがある。

6. 人材、金融の市場で成長する理由

流行に左右されにくいところでの展開が重要であ

る。例えば、旅行、飲食といったファッション性が高いところは競争が厳しい。旅行は試みたことがあるが現在運営していない。市場規模が大きいところ、社会の慢性的な課題が存在するところ、金融や雇用などがターゲットである。ただし、社会性が高く、流行に流されないところであっても、単価がコストを上回らなければ、意味がない。介入価値の高さ、行動に移す人の多さ、単価の高さ、情報価値の高さ、などを慎重に考慮して展開していく。

7. 領域内展開

例えば、メディカル内で、医師、看護師などの転職支援などや、ファイナンスはカード開設や、株式投資、不動産投資も有望である。メディカルは社内の医師の強みにもよるが、遠隔診療や皮膚関連など、情報価値の高さと単価を検討して考慮している。それ以外にも、結婚、冠婚葬祭、出産、育児、介護、不動産、弁護士などへの専門家相談、がある。弁護士ドットコムは直接相談できるプラットフォームを展開しているが、専門領域に入ってしまう。当社はあくまで教科書的な範囲である。

就活生が実際にどのような就活をしたか、ナレッジとしてためておく。例えば、地方の就活生が、お金がなくて東京に来ることができないケースがあって、そのときにシェアハウスを提供する会社がある。無償で泊まれるようにして、それで就活が成功したら企業からお金をもらう会社である。このようなナレッジも蓄積している。キャリアパークのデータベースを活用して、人材会社や、企業の人事部に資する価値を提供している。

8. 福証に重複上場した理由

宮崎に支店があり、九州には縁がある。福証に重複上場することで、九州の経済圏にアクセスしやすくなり、求人企業をひろげ、地方の学生の就職支援をすることができる。地方公共団体は若者の流出に困っていて、若者に戻ってきてほしいが、戻りたいような魅力的な会社や産業が少ないかもしれない。だから若者は出ていくのである。そこでキャリアパークのナレッジを宮崎など地方公共団体向けに活用したり、キャリアパークに登録している学生に対して、地方に支店を出す企業を紹介することもある。地方公共団体はそのような事例を参考に、誘致に活かしている。つまり BtoB ではなく BtoG なのである。地方創生のお手伝いとも言える。地方で地元の人しか集客できない企業でも日本中の学生へ訴求することが可能である。これらは、メディアの収益性

への寄与は限定的だが、社会課題解決の一環でもある。

9. 遠隔診療システム

平成 27 年 8 月に厚労省が通達を出した。それまでの遠隔診療は離島等を想定していたが、離島等以外でも広く活用できることが明確化されたため、いち早くオンライン診療サービスをビジネス化した。恐らく日本でも最初の方だと思う。実際には遠隔診療の位置づけはまだ不明瞭であり、まだ事業としての収益性は高くない。メディアの記事を見て、遠隔診療を受けるところまで持っていければとても有望だと思っている。

実際、オンライン診療は注目されている。東京女子医科大や地方で使ってもらえる可能性が高まっており、お昼の時間に会議室で遠隔診療を受診することなどが可能になってきた。無医村についても同様であり、公民館でシステムをつなげば、少なくとも再診については遠隔診療が可能なのではないかと踏んでいる。

10. 成長戦略、企業の合併・買収(M&A)

キャリアパークは既存事業を展開し続ける。ファイナンスも同様である。メディカルは診療報酬の改定を踏まえて検討する必要がある。また、M&A もやっており、メディアを買収している。債務整理の森は約 1 億円で購入した。ただし、従業員は一人も引き継いでいない。ホームページ(HP)丸ごとをそのまま買った。キャリアやリーガルなども、良いメディアを増やしていきたいので、良いメディアが買えるのであれば積極的に検討する。キャリアやファイナンスには知見があるので買収可能性は自社で判断している。買収によりトップラインが伸びることもあると思う。小規模の案件を買収していくことでお互いにメリットが出るようにしたい。そのためにも高品質なコンテンツであることが重要であり、記事のデューデリジェンスが大切となる。また、行動促進型であること、ファッション性が低く、社会課題を抱えていること、2、3年で回収できること、が重要だと考えている。

11. 新分野への展開

保険分野にはミツカル保険で展開中である。今いる場所で最も近い保険ショップはどこにあるかを探し出すサービスである。リーガル領域へも積極的に進出している。債務整理、交通事故・示談など、記

事を実際に見て、弁護士に相談するところまで行って行きたいと思っている。漫画などを使って解説している。買収前と買収後とは、売上高の伸びに顕著に出ている。

12. 宮崎県日南市

2016年に宮崎県日南市にサテライトオフィスを開設した。40歳前後の市長で、東京など市外から企業を誘致したいと考えておられた。そこで当社が進出し、インターネットメディア事業のマーケティング・編集拠点として設立した。インターネットにつながれば、東京でやる必要はない。また、東京だと転職など雇用の流動化は進んでいるが、宮崎だと相対的にじっくり仕事に向き合う方が多い。日南市にIT企業があったら日南市で働きたい、と考えてくれた人たちが入社している。市も歓迎してくれ、助成金など支援してくれた。オフィスもこだわってつくった。当社が進出に成功したことで、他のIT企業も日南市へ進出している。

(Q&A)

キャリアパークはなぜ強いのでしょうか。履歴書の書き方から記事を書きため、4象限の事業モデルでは潜在型で成果報酬型に特化しているとのことであったが、例えば就活生は履歴書の書き方を検索するが、これは顕在型ではないのか。

「履歴書」だと顕在型になり、競争度が高い。ここはあまり意識して取りに行っていない。「履歴書の書き方」「履歴書 英文」だと潜在的になりやすく、2語、3語だと、当社が上位に出てきやすいです。「リクルートスーツ」だとAOKIが出てくるが、「リクルートスーツ 色」でやると当社が出てくる仕組みです。

SEOがみそだと思うが、しかしこれは企業にはコントロールできない。これが変わる時への対処法は。

ここはすごく難しいです。最近、ヤフーがアフィリエイト広告を大幅に規制しました。SEOに依存していた会社は、ガクッと売り上げが落ちました。検索エンジン依存だと危ないのです。リアルへの展開が重要であり、直接人材紹介会社、会社の人事部とつながることも大切だと考えています。キャリアよりはファイナンスの方が、ボラティリティが高いです。全ての人がカードローンの開設をするかどうかはやらないが、就職活動は誰でも行います。リアルとつながること、売り上げで客とつながること、仕

入れで学生、ユーザーが入ってくるチャンネルをグーグル以外でも広げることが重要です。

リアルとつながるにはデータベース(DB)のプロファイリングが重要だと思うが。

キャリアパークは大学生が登録している会員システムです。例えば大学生がプログラミングを勉強したい、というニーズがあれば、そのような学生をプログラミングスクールに送客することもあります。登録している大学生向けにクレジットカードの口座開設なども考えられますが、個人情報の取り扱いは慎重に考えています。法規制のハードルをクリアしたとして、メディア間送客はコストがほとんどかからないため、SEOに依存せずに展開できる可能性があるとは思っています。

就活時に思うのはサイトが多すぎることだ。メールも大量に来るとするのが正直な感想だ。実際御社が企業に送り込めた実績はどれ位なのか。

職業紹介は500名以上の実績があります。

1年ずっと就活できるようになるが経営に影響はあるか。

人材紹介についてはあまり影響ありません。ただし一部記事のリライトによって通年採用に対応することはあると思います。

ストック型モデルについて。コンテンツは会計上資産になるのか。

これは難しい問題です。当初、コンテンツではないプログラミングとしてのキャリアパークシステムを資産計上していたが、赤字企業がなぜ資産計上しているのかと指摘されました。広告宣伝費を除けば利益が出ていましたので、広告宣伝は会計上費用だが、実質は投資として捉えていると説明しました。実際、会計基準上、繰り延べ資産には開発費の項目があり、経常的でない「市場の開拓等」のために支出した費用は、期間損益をゆがめる可能性があることから、最大5年間での償却が例外として認められています。監査法人が、資産性に対して保守の立場を取ることは理解できるため、それ以降、社内開発したソフトウェアは税務上問題ない限り、原則として資産計上していません。外から買収したソフトウェアは資産計上になりやすいですが、社内開発したソフトウェアと買収したソフトウェアとは評価が

異なる訳です。その意味で開発を外だしすることも検討しています。無形資産の評価は有形固定資産に比べて監査法人のハードルが高く、メディアの記事一つ一つの資産性をいかに評価し投資家に有益な情報開示するかは難しい課題です。

送客について。20万人の学生から送客したとのことだが、どのような方法でやっているのか。

人材会社に送客しているチームと、学生に就職アドバイスをしているチームと分けています。事業計画を策定する時は、送客することの成長率と、学生と会って就職支援する人ベースの成長とを考えています。商品ラインアップを適切に変えて自分たちの達成率を予測可能なものにします。他のメディアと競争優位となるような価格設定、プロダクト設定が重要です。

送客に際して、記事の品質はどれくらいの影響があるのか。

コンテンツとの相関性はどうかという、検索エンジンで上位表示になることが肝要です。つまり、記事をいろいろ見た結果、説明会に行く行かないの判断の参考になる、というレベルの記事にすることが大切です。

協業の可能性は。

金融では、当社メディアと金融機関でコンテンツを共同開発するという協業ケースがあります。人材や不動産も連携の多い分野なので、今後も広く協業を図っていきたいと考えています。

読まれ易い記事とそうでない記事があるとのことであるが、単価設定はどうしているか。

記事の価格設定は一定にしています。単価をどこに設けるかという、学生を何人紹介したかといったことに課金する仕組みです。

高品質を保つとのことであるが、過去、キュレーションが問題になったことがあるように、当社が高品質を維持するためのルールはあるのか。

上場準備においても一つのテーマでした。医療系メディアで話題になった企業もありました。当社は、どの記事に関してもダブルチェック、どのようなチェックをするかも決めています。業法チェックと専門家チェックをするため、最初はコストがかかりま

した。記事は社内雇用のライターに書いてもらっています。自分の専門以外のジャンルでも書き続けることができる仕組みづくりも重要です。また、メディアを経由した個人情報の管理もコストがかかりますが、企業価値の源泉であるため、重要です。今まさにアップデートに取り組んでいるところです。

以上

〈公開研究会 2019 年 9 月 17 日：講演要旨〉 於：野村総合研究所 会議室

『インバウンドとニューツーリズム —新しい旅行スタイルを求める訪日外国人たち—』

安田 亘宏 氏（創造開発研究所 フェロー・主席研究員）

講演者の紹介

本講演では、インバウンドとニューツーリズムについて、創造開発研究所の安田亘宏氏にお話しいただいた。外国人旅行者のリピーターが増加したことで、日本での「新しい旅行体験」が求められるようになってきている。このことは地方創生の起爆剤としても活用し得る動きであり、受け入れ体制の整備などにより、日本の新しい産業にしていくことが重要であるという。

1. インバウンドとの出会い

私は、大学時代は、高森先生のゼミに所属し、卒業後は JTB に 33 年間勤務した。2006 年に JTB グループ旅の販促研究所所長・執行役員を務め、さらに 2010 年に西武文理大学教授をつとめ、2019 年からは創造開発研究所のフェロー・主席研究員となり、また新設大学の設置準備室顧問もつとめている。

著作は多数あり、新しい観光のスタイルをマーケティングの切り口として論じている。インバウンドについても著作がある。

2008 年から 2011 年まで国土交通省・観光庁の訪日外国人受入接遇研修会の運営・講師をつとめた。出会った人の中で最も印象深いのが、東京の下町旅館、「澤の屋旅館」の館主澤功さんである。澤さんは、英語はあまり出来ないし、12 室しかない旅館であるが、外国人がひっきりなしに来る。最近も、JICA の研修員と一緒に、澤さんにお会いしお話を伺った。

2. インバウンド (Inbound) について

訪日外国人旅行者のことを外客と言っていた時代があった。私は、東京都狛江市に住んでいるが、普通の住宅街である。前の家の一人暮らしのおばあさんが施設に入った後、その家は民泊になり、いろいろな外国人が滞在している。時代の流れを身近に感じた。

インバウンドの数は劇的に伸びており、2018 年は 3,119 万人の実績であり、2020 年は 4,000 万人を目指している。2009 年はリーマンショックの影響で、また 2011 年は東日本大震災の影響で大きく減少した。その他、減少している年はだいたい円高の年であることが多い。

日本からの海外旅行者よりも訪日外国人の方が増えている。本来、両者は、同数程度が望ましい。海

外旅行はいわば輸入であり、インバウンドはいわば輸出である、そう言う意味で、現時点はインバウンドの方が多く、いわば輸出超過状態である。

特に、中国、韓国、台湾からのインバウンドが圧倒的で、中国 800 万人、韓国 750 万人、台湾 470 万人である。800 万人といえば埼玉県の人口規模に匹敵するレベルである。近い国から多くの人に来ることは自然なことでもある。もちろん欧米人の来日者も増えている。

2018 年の世界各国地域への外国人訪問者数をみると、訪日者数は世界で 11 位、アジアで 3 位と健闘している。1 位は圧倒的にフランスで、年間 8,900 万人が訪れる。2 位はずっとアメリカであったが、このところスペインが入っている。

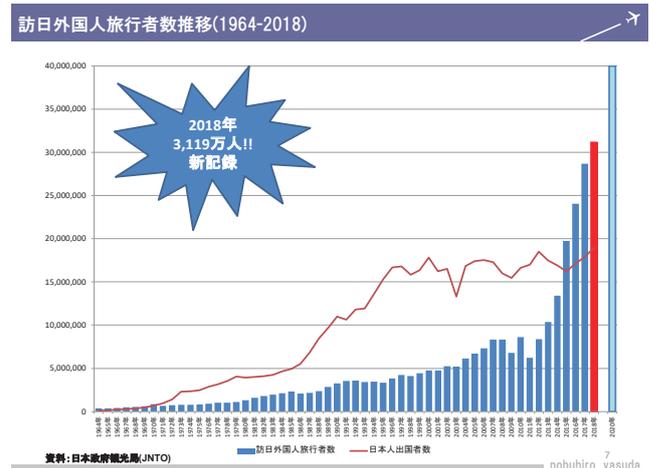


図 1 訪日外国人旅行者数の推移
(1964 - 2018) 出所：講演資料より

2018 年の日本の旅行消費額は国内全体で 26.1 兆円で、うちインバウンドは 4.5 兆円を占める。国際観光収入は世界 9 位に入っている。4.5 兆円はかなり大きい数字といえる。どこの国の人達がお金を落

としているのかということと中国が1.5兆円で最大である。特にお土産代が多い。ただ最近は少しずつではあるが、お土産を買わなくなっている。2位は韓国で約5,881億円、3位は台湾で約5,817億円である。

2012年のインバウンド消費額は1兆円、2018年は4.5兆円で、4.5倍にもなっている。2015年は爆買いが話題になった年で、1人当たりの消費額は17万円を超えた。その後、沈静化しているが、それでも2018年は15万円を超えた。

インバウンド消費額4.5兆円の規模は、自動車12.3兆円であり、2位の半導体等電子部品4.2兆円をしのぐ輸出規模である。企業でいうと三菱電機、セブンイレブンの売上高と同じレベルとなる。

訪日外国人旅行者消費額・旅行支出(2012-2018)



図2 訪日外国人旅行者消費額・旅行支出 (2012-2018) 出所：講演資料より

訪日外国人数は、全体も増えているが、それ以上にリピーターが増えている。1回目の方は東京、富士山、名古屋、京都、大阪といったゴールデンルートを楽しむ。2回目以降の人がボリュームゾーンになってきた。ここがポイントである。

2017年を見ると、中国人14億人中、海外旅行者数は9.7%の1.3億人で、うち700~800万人が訪日旅行者である。日本への旅行者のシェアは5.4%で日本は5位である。韓国は、訪日旅行者数は714万人である。シェアは26.9%で、1位が日本となっている。台湾は、訪日旅行者数は456万人であり、シェアは29.1%で、2位が日本となる。まだまだ潜在需要がある。

訪日経験回数(2011-2018)

リピーターが増増⇒日本で新しい体験がしたい!

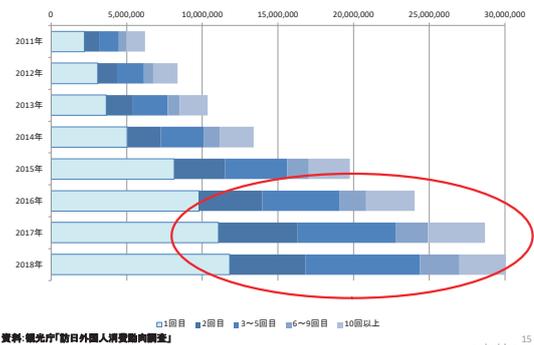


図3 訪日経験回数 (2011-2018) 出所：講演資料より

訪日旅行者が期待するのは、その多くが日本の食を食べることである。15年前はショッピングが1位であった。温泉入浴、四季の体験、ポップカルチャーなど、様々な動機がある。これまでになかったような新しいツーリズムも出てきている。3,000万人の訪日旅行者のうち、もし1割が再訪したくなるツーリズムがあれば300万人市場になる。インバウンドの拡大により、巨大マーケットが目前に出現した。特にリピーターが増加しており、テーマ性の高い旅行が求められている。

訪日外国人旅行者が訪日前に期待したこと・今回したこと・次回したいこと (全国籍・地域/観光目的・2018)

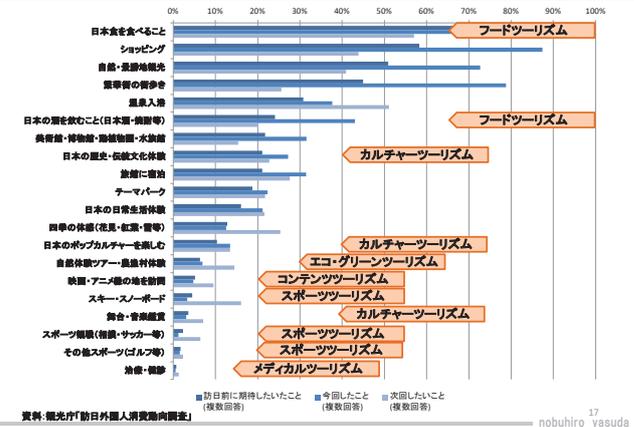


図4 訪日外国人旅行者が訪日前に期待したこと・今回したこと・次回したいこと (全国籍/観光目的・2018) 出所：講演資料より

3. ニューツーリズム

物見遊山的な観光ではなく、テーマ性の高い旅行、体験的、交流的要素を取り入れた旅行が増えてきている。地域主導で地域資源を活用していることも重要である。リピーターが中心になってくると、新し

い日本を求めてくるので、ニューツーリズムが生まれるようになる。

マスツーリズムとは言わば従来型観光であり、大衆が観光をすることをマスツーリズムという。戦前は欧米においても旅行をするのは金持ちだけであった。アメリカは1950年代、ヨーロッパは1960年代、日本は1970年代からマスツーリズムの時代になったとされている。大衆の収入向上や、余暇時間の拡大、観光に対する考え方の変化等が追い風となった。

マスツーリズムにより、旅行の低価格化や観光地の経済的繁栄、国や地域との交流がもたらされた。他方、自然環境、地域文化の破壊、治安の悪化等ももたらした。

1980年代の後半はマスツーリズムの弊害が主張されるようになった。そこで提唱されたのが、オルタナティブツーリズム (Alternative Tourism)、サステイナブルツーリズム (Sustainable Tourism) である。1990年代になると、個々人の興味関心を探求する多様なツーリズムが生まれた。これがニューツーリズムの出現である。

団体旅行から個人旅行へ、一般的なテーマから個人的なテーマへ、発地型 (旅行会社を作るツーリズム) から着地型 (地元が作るツーリズム) へと変化してきた。着地型とは地元で作る事であり、地域の深いところは地元の人しかわからないわけで、旅行者のニーズと地域のニーズがより深まって合致したということになる。

本講演では訪日外国人が注目するエコツーリズム、フードツーリズム、ワインツーリズム、コンテンツツーリズムの4つを解説する。

3.1 エコツーリズム (Ecotourism)

自然、歴史、文化など地域固有の資源を生かすツーリズムである。地域資源を管理して保護・保全を図りつつ、地域経済への波及効果が実現することを狙いとする。エコツアー (ecotour) はエコツーリズムの理念に基づいて作り出す旅行のことである。

・ライオン1頭の命の値段はいくらか。

皮革をとっていた時代は1頭あたり1,325USDだが、狩猟になると、もう少し価格を上げて8,500USDとなる。

観光は、ライオンを傷つけることなく、観光資源としてツアーを行って、大きな価値を生む、それは515,000USDに値する。

・屋久島

以前は屋久杉を切って、箆箆にしていたが、

今は観光に変えた。屋久杉を観光資源にすることで、年間30万人がやって来る。

・小笠原諸島

日本最初のエコツーリズムは小笠原諸島と言われている。観光資源を保護するための自主ルールを決めたからだ。例えば、ホエールウォッチング、クジラから300m以内は減速すること、100m以内は進入禁止とする。ドルフィンウォッチングも同様である。アプローチできる船の数や水中へのエントリー回数を決めている。南島は1日100人限定で、利用時間2時間までとしている。東京都自然ガイドの同行が義務づけられている。自然が守られているからこそ価値があるとの考えである。

・エコツーリズム推進法

2007年に公布された。世界初の単独法規であり、カタカナが法律となったことでも珍しい。エコツーリズムが市民権を得た。

・日本型エコツアーの類型

タイプ1：大自然エリア…知床、屋久島等

タイプ2：観光地エリア…裏磐梯、軽井沢等

タイプ3：里地里山エリア…飯田市、飯能市等

・観光地エリアの事例

三重県鳥羽市でもエコツーリズムをやっているが、最近は海女さんが増えているという。そんな海女さんがとってくる貝を海女小屋で焼いて食べさせてくれるツアーがある。

・里地里山の事例

飛騨古川の例である。古い街並みがあり、美ら星という会社が里山サイクリングを始めた。SNSを介して口コミが広がり、現在では40カ国以上の人々が来ている。

3.2 フードツーリズム

フードツーリズムはその国や地域の特徴ある食や食文化を楽しむツーリズムである。わざわざ貴重な時間とお金をかけて食べに行くことで、日本の食を目的に来る人が多い。

和食がとても人気がある。2013年のJETROの資料によると、好きな外国料理のトップが和食となっている。2018年の観光庁の調査によると、訪日旅行者の一番満足した食べ物は肉料理で、次にラーメン、3位が寿司であった。

肉料理は何かというと、すき焼き、しゃぶしゃぶだけではなく焼肉も多い。2007年に『ミシュランガ

イド東京 2008』ができて、日本料理店や寿司屋が三ツ星を獲得した。2013年には和食がユネスコの無形文化遺産に登録された。2015年に海外にある日本食レストランは8.9万店だったが、2017年は11.8万店に増えた。訪日外国人は、地元で日本食を楽しみ、本場の日本食を食べたいと思うようになった。

大間(青森県)のマグロは、昔は殆どが築地に行っていたが、今は地元で20箇所ほどのお店があり、マグロ料理を食べさせてくれる。そんな地域にも外国人は訪れている。

しかし日本には美食の街が少ない。伊勢志摩、下関、城崎温泉、高山など限定的である。これをもっと掘入れすべきと思う。これらの街には、今でもすでに外国人は来ているが、もっと増やせるはずである。

3.3 ワインツーリズム

地域のワイナリーやブドウ畑を訪れる。地元の生産者との交流がある。日本のワインの3割が勝沼産で、欧米人も徐々に訪れている。

酒蔵ツーリズムも活発化し、酒蔵は日本各地にある。酒蔵は古い街の中心に残っていることが多いので、街並みも楽しむツアーが多い。吟醸ツーリズムも人気がある。酒蔵ツアーは成長著しい。広島県の東広島市西条酒蔵通りには外国人が多く訪れている。

3.4 コンテンツツーリズム

小説・映画・テレビドラマ・マンガ・アニメなどの作品に登場する舞台、作者ゆかりの地域を訪れる旅行であり、形のない物語性が観光資源になる。

コンテンツツーリズムのひとつ、フィルムツーリズムは歴史が長い、著名なのが『ローマの休日』(1953)だ。スペイン広場に行くのが定番となっているが、これは映画の場面から来ている。映画と同じことをやってみたがるという傾向があるのだ。日本での始まりは『二十四の瞳』(1954)と言われている。小豆島で撮影され、一躍観光地になり、今日まで続いている。

中山美穂、豊川悦司主演のラブストーリーである『Love Letter』(1995)は韓国でも上映され、観客動員数100万人以上の大ヒットとなった映画である。舞台となった小樽に韓国人旅行者が殺到した。この現象が、フィルムコミッション設立のきっかけとなった。映画の舞台を、地元で誘致する発想である。

阿寒湖の場合、中国映画『非誠勿擾(狙った恋の落とし方)』(2008)が引き金になった。中国では6億人の人が観て、中国人の北海道旅行ブームが起こっ

た。韓国TVドラマ『IRIS-アイリス-』(2009)の場合、韓国でドラマ放送されると、ロケ地の秋田県を訪れる韓国人旅行者が急増した。地元ではアイリス効果と呼んでいた。

久慈市(岩手県)は、NHK連続テレビ小説『あまちゃん』(2013)の舞台である。台湾・フィリピン・タイ・インドネシア・ハワイで放送され、日本人ファンだけでなく、台湾・フィリピン人も巡礼している。

3.5 アニメツーリズム

コンテンツツーリズムのひとつアニメ、マンガなどに登場する舞台を巡るアニメツーリズムが脚光を浴びている。聖地巡礼と言われる。

その始まりは埼玉県鷲宮神社、『らき☆すた』(2008)の舞台である。また、アニメ『SLUM DUNK』(1993)に登場する鎌倉高校前駅踏切(神奈川県鎌倉市)は、中国の少年たちの聖地だ。名探偵コナン通り(鳥取県北栄町)には全世界からコナンファンがやってくる。

『君の名は。』(Your Name.)は、2016年公開された。世界125の国・地域に海外配給、全世界での興行収入合計2億8,100万ドル(史上最高)。世界中のアニメファンが飛騨地方(岐阜県飛騨市)に殺到し、巡礼コースとして、飛騨古川駅、飛騨市図書館に来る。また、須賀神社の石段(東京・四ツ谷)が聖地になっており、外国人カップルだらけだ。

京都アニメーション放火という悲しい事件があったが、世界から京アニ被害者への応援が集まっている様子を見ると、日本アニメの世界的評価が高いことが分かる。

4. まとめ

インバウンドはますます拡大するだろう。リピーターが激増しており、新しい日本の体験を求める傾向にある。新しい観光資源の発掘、受入体制を整備し、地方に誘客する仕組みが必要だ。ニューツーリズムで満足度を高めることで日本のファンにすることが大切である。

つまり、インバウンド×ニューツーリズム=地方創生の起爆剤、と考えている。

(Q&A)

インバウンド需要のきっかけは?

2003年の観光立国宣言以来、ビジット・ジャパン・キャンペーン(VJC)を始めたが、特に5~6年前から急激に増えた。それは、周辺国の経済発展と連

動している。円安傾向も要因であり、ビザ発給条件の緩和も大きい。最もインパクトがあるのが LCC の普及だと思う。最近クルーズツアーも盛んであり、一隻で 4,000 人という中国、台湾のクルーズ客船もやってくる。今や世界中が旅行ブームである。

リピーターではなく、新規の訪日者が多くと、京都などに 1 点集中しやすくなるのではないか。

オーバーツーリズムと言うが、大きな課題だ。京都では、訪問時間と地域を分散させようと試行し、朝に開くお寺を増やすなどしている。伏見など地域への分散も試みている。季節も分散するが、それでも足りない。また、京都は比較的高額の宿泊税を取ることで、訪問客数を調整する試みも行っている。

コンテンツツーリズムと地域とのコラボの可能性は。

東日本大震災後、茨城県大洗市では、アニメ『ガールズ&パンツァー』をとコラボをすることで大きな集客に結び付け、大成功している。金沢の湯涌ぼんぼり祭りは、実は、実在しないお祭りだったのだ。それまで存在しなかった祭りをアニメと同様の祭りとして、2011 年から始めた。テレビアニメ『花咲くいろは』で登場するお祭りとコラボさせることで、新たな旅行者を激増させ、外国人旅行者も誘致した。

以上

創造開発研究所（略称：創研）：1979 年創設、日本初の創造性開発・創造性教育の研究所、東京初のネーミングの会社。人事・教育分野とマーケティング分野のコンサルタントをしている。

〈公開研究会 2019年10月18日：講演要旨〉 於：野村総合研究所 会議室

『産業用ドローン市場の展望 —自律制御技術による業務効率化・無人化—』

早川 研介 氏

(株式会社自律制御システム研究所取締役最高財務責任者 兼 最高経営管理責任者)

講演者の紹介

本講演では、産業用ドローンで世界最先端の技術と実績を持つ自律制御システム研究所 (ACSL) の早川研介氏にお話しいただいた。労働人口の減少とインフラの劣化が同時進行している現在の我が国において、省人化、無人化による社会システムの再構築は国家的課題である。産業用ドローンを用いたインフラの劣化診断をはじめとする各種ソリューションを提供している当社の仕事は、今後ますます重要になりそうである。

1. 本講演のねらい

昨今ではドローンは家電量販店で売っているので、存在そのものは身近になってきた。また軍事的な観点からも話題になっている。しかし経済活動における実務でどのように使われているのかは、現在でも実像は分かりにくい。本講演では、産業用ドローンがどのように使われているのか、何ができるのか、現場での事例はどのようなものがあるのか、といったことを紹介する。併せて当社の事業戦略についても言及したい。

2. 株式会社自律制御システム研究所 (ACSL) について

当社の創業は2013年で、ACSLはAutonomous Control Systems Laboratoryの略である。もともと千葉大学の研究室をベースにしている。創業者である野波健蔵氏は千葉大学の教授(当時)であり、ドローンの制御理論をずっと研究していた。この技術をベースに会社化したのが2013年である。

2016年、2017年と外部から資金を調達して、2018年12月にマザーズに上場した。ドローンの企業としては、国内では唯一のIPO企業である。産業用ドローンでトップを走り続けられる企業を目指している。

当社が具体的にやろうとしていることは、コーポレートミッションである「技術を通じて、人々をもっと大切なことへ」に込められている。ドローンを飛ばして人の役に立つ。人が行っている業務をドローンにやらせる。会社としてはドローンを作って顧客に売って終わりではなく、ドローンを導入してもらい、クラウド、AI、UIなどのシステム全体を提供して顧客の業務を効率化する、できれば完全に無人化することを目指している。

3. 日本の現状及び将来と当社の使命

日本では今後10年で労働人口が大きく減少する。2060年になると3分の1の人がいなくなる。これが日本の課題。その一方で、建築後50年以上たつインフラ設備(橋や道路など)は、今後10年で約3倍に増えていく。インフラの維持管理がますます重要になるが、人はいなくなるということ。これは国家的な課題であり、その中で、当社がどういう風にドローンを使ってアプローチできるか、を考えている。

現在、人が行っているところを、ドローンが代わって行く。人がやらなくていいところは省人化していく。例えば、化学プラントの点検業務は、現状では、人が数千枚の写真を撮り、目視で点検して画像を見ながら、補修箇所をチェックし、レポートを行う。全て人の手で行っている。点検業務は、表に出てくることは少ないが、頻度はほぼ毎日行われているものもある。それに対して当社のドローンを使えば、自動で離陸し、デザインされたルートを飛行し、写真を撮って帰ってくる。着陸後、写真をクラウドに取り込み、AIで画像診断してレポートまで行う。この全部を自動化することに成功している。点検業務をすべて自動化することで初めて無人化が実現できた、と言える。ドローンを中心にソリューションとして無人化を推進しているということである。

4. 当社のコア技術

当社のコア技術は3つある。

1. 自律制御技術
2. 安全性
3. カスタマイズ性

1. の自律制御技術については、人が操作するので

はなく、あらかじめ決められたルートをドローン側が判断して、離陸から着陸までドローン自身が行う。

2. の安全性については、墜落の危険性を回避する機能が産業用途で使えるレベルでないといけない。安全性を産業用途で使えるレベルまで高めることである。

3. のカスタマイズ性については、顧客がドローン向けに新システムを開発するのでは意味がない。顧客がすでに運用しているシステムに組み込めるよう、ドローンをカスタマイズし、活用してもらう。

4.1 自律制御技術

ラジコンのようにコントローラーを使って単にドローンを飛ばすならば簡単であるが、離陸から着陸まで自律して行うことは難しい。当社が20年以上で研究していた技術が必要である。

ドローンが何かからコントロールされるのではなく、自分で飛ばうとするとき、通常、自分の位置を把握するためにGPSの情報を使う。しかし、室内のようにGPSが入りにくいところは自分の位置を推定しにくくなり、基本的には飛べなくなる。

一方、当社製ドローンはGPSが入らないところでも、画像認識機能を用いて室内などでも自分の位置を把握して飛べる。Visual SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術をもっている。(図1参照)



図1. Visual SLAM 技術について

(動画の例1)

倉庫の中をドローンが飛んでいる。画像を認識し、特徴的なところを点として捉え、左右のカメラの角度の違いや時間の経過とともに位置がどのように変化していくか、といった点を認識し、ドローンが自分はどこにいるのかを判断する。リアルタイムでマップを作り、自分がどこにいるかを把握する。GPSの

ない環境で、人の操作がない中で自律飛行する。

(動画の例2)

倉庫の中の棚卸しの例。画像と、点描写と、RFIDタグを別のカメラで認識して、自律飛行しながらRFIDタグを認識する。

(動画の例3)

画像認識の精度は、人の目と同じで、左右のカメラが捉える画像差から距離を計算する。ドローンが室内で飛んでいるときに、左端から2mを確保する実験では、棒が出てくるとその分距離を取る。完全に自動でドローンが飛びながら2mの距離を取っている。

(動画の例4)

ドローンを室内で飛ばして、上にI字鋼を模擬的に通している。いわば橋梁の下の部分である。下の床の位置をI字鋼に沿って撮影し、撮影が終わると反対側に自分で回って、反対側を向いて、反対側を検査する。シンガポールでのデモ動画のように、画像認識でドローンを飛ばすのは世界的に見ても当社が最先端である。

自律飛行のコア技術として挙げられるのがエッジコンピューティングである。NVIDIA社の組み込みシステムを搭載しており、ドローンがすべて判断する。タイムリーに通信をするのではなく、すべてドローンが自分で判断し、画像認識で自律飛行することができる。

4.2 安全性

(動画の例5)

天気の影響について、雨の中ドローンを飛ばしている。1時間300mmの超豪雨でもドローンが飛べる。日本の過去最高の雨量は1時間150mmだが、雨の中でも問題はない。

プラントの点検をする際、バッテリーの不具合などで着陸する場合、緊急着陸地点を登録しておくことで、ドローンが緊急着陸地点まで飛んで着陸することができる。

アクシデントはつきものであり、一定の確率で必ず落ちると考えておく必要がある。当社ドローンは1mくらいあるので、人に当たると重大な死亡事故に繋がりがねないくらいの衝撃がある。そこで、パラシュートをつけることで落下エネルギーを9割削減している。この落下エネルギーは、アメリカで規定されているレベルをクリアしている。パラシュートが開いて、フリーフォールで落ちるよりもかなりゆっくり

り落ちる。パラシュートは原始的な技術であるが、ドローン側で飛行中にどうやってパラシュートを開く判断をするかが難しい。電源が落ちたとか、角度がおかしい、といった異変をドローン自身が検知することが必要になる。

4.3 カスタマイズ性

お客様の要望に合わせてカメラを開発したり、ソフトウェアを開発したりしている。カメラの例としては専用の 4 つあるカメラや、物流用に自動で開くキャッチャーなどを開発している。

また、お客様のシステムに統合するための API も開発している。たとえば物流会社はすでに自社物流システムを開発、運用している。そこに適合できる API である。ドローン導入用に新たにシステム開発をしてもらう必要はない。

5. 事例紹介

ドローンの規制については、飛ばす場所と飛ばす方法で規制されている。飛ばす場所は、人が密集しているところはダメで、飛ばす方法としては、パイロットが見えるところで飛ばすことが必要となる。

近年、徐々に規制が緩和され、法律が徐々に改正され、ある程度条件を満たしたら飛ばすことが可能になってきた。2016 年に「空の産業革命」に向けたロードマップが示された。内閣府、経済産業省、国土交通省などが音頭を取り、ロードマップに即して法規制が整備されてきている。

産業用ドローンとしては、点検、物流、防災、の 3 つに注力している。これらの分野では毎日オペレーションが発生する。人が繰り返し作業している。しかもそこに相応のコストがかかっている。ここにドローンを導入するのが目標である。それに対して測量、空撮、農業などは、一度実施して、繰り返しが発生しない作業が多いため、人間が操作するドローンで十分、対応できる。

(動画の事例 6)

配管に沿ってドローンを飛ばし、配管の錆をチェックする。ちなみに、配管の近くだと地磁気で狂ってしまうため飛ばせない。4m、5m の高さのところにあるため、足場を組まずにドローンを飛ばして撮った写真を AI で判定し、チェックすべき錆の部分の判定した後、図面にコメントを残す。これらすべてを 1 つのシステムとして提供している。

インフラ点検事例 – プラントでの腐食点検を無人化

大手化学プラント企業に対して、プラント内の配管をドローンが自動で撮影し、自動で判定し、点検調書まで作成できるシステムを提供



(図 3. プラント点検の事例)

(動画の事例 7)

関西電力の水力発電所の水圧鉄管の腐食の確認をドローンで行う。人が行くと足場をつくることになり、危険が伴うことと費用がかかるのでドローンで行う意義が大きく、コストは 50%以上削減できた。

(動画の事例 8)

下水道の中の例である。日本の下水道は人が入らない 60 cm 径のところがあり、基本的にまっすぐになっており、曲がる箇所はマンホールが設置してある。ホバークラフト型のドローンでまっすぐ飛んで中を見る。これまでは歩行型ロボットで歩行して点検していたが、当該ロボットの場合、スピードは 1 日で 50m 程度である。今でも行っているが、ロボットに対してドローンだと 1 秒間に 3m、1 日だと 500m 点検できる。

(動画の事例 9)

石油備蓄タンクの例である。単純に上から見るだけでも、これまでだと足場を組まないで見られなかった。これがドローンで簡単に見られるようになる。撮影した写真を 3 次元モデルに落とし込んで、AI 判定で、錆、腐食部分を色付けできる。

(動画の事例 10)

トンネルの場合は、暗闇の中であり、画像認識ができない。そこでドローンに LED ライトをつけて、その光でトンネル内を自律制御飛行する。

(動画の事例 11)

船内の例では、コンテナ船の中の後ろに入っている T 字溝を点検している。これまでだと、クレーンで梯子車を釣って船の中に入れて、それで点検していた。船を港に置くと 1 日数百万円かかるので、で

できるだけ早く点検することが重要になる。

(動画の事例 12)

シンガポールの鉄道トンネル点検の例だ。

(動画の事例 13)

九州豪雨のような災害でも広範囲を調査できる。福岡県東峰村の例だが、道路も電波も通じないところをドローンが自分で飛んで自分で帰ってきた。ムービーだけでなく、カメラで撮った画像をつなげて1つのオルソ画像を作った。分解能は2cmで、被害を受けてから内閣府の要請を受け、翌日飛ばしに行き、その翌日にデータができた。災害などでもドローンが活躍する。

(動画の事例 14)

物流、特にドローン配送である。日本郵便と組んで、福島の南相馬で実際に郵便を運ぶ事業を2018年からスタートした。郵便局と郵便局の間をドローンで飛ばす。福島で過疎化が進んでいる地域であるが、郵便業務を辞めることはできない。これまではトラックで30分かけて運んでいたものをドローンで代替する。日本郵便の人がすべてセットできるようにしている。屋根の上から荷物を載せたドローンが飛ぶ。

実際に人が住んでいるエリアで物流を始めるのは、世界的にも非常にまれな事例だ。アメリカは割と規制が厳しく、なかなか許可されずに特例的に許されることが多い。ヨーロッパではスイスで行っている。

日本郵便としては信頼できる企業と組む必要があった。外を飛ぶときはGPS情報で飛ぶ。着陸するときはQRコードのようなものを着陸部分に置き、それを認識して着陸する。(図3参照)



(図3. 日本郵便との事例)

6. 当社のビジネスモデル

当社のビジネスの進め方として、ステップごとのアプローチをとっている。

ステップ1: 概念検証。お客様のニーズは何か。具体的に何をしたいのかをヒアリングして、当社の機体を使い、現場でデモをする。有償のプロジェクトとして請け負う。検証するフェーズを経て、ドローンを使う意義があるかどうか確認してもらう。

ステップ2: 特注システム開発。カメラ、アタッチメント、ソフトウェアの開発等をお客さんと一緒に実施する。ここで特定顧客向けの特注ドローンができる。

ステップ3: 量産、販売。

ステップ1、2がとても重要。3、4年前はドローン売りに特化していた。性能がいいので買ってほしい、ということで売り込んでいた。

お客さんも1台は買ってくれるが、実際にそれを業務として活かしているかというと、現実的には1年後には倉庫に眠っているケースもあった。実際の運用に紐づいていないドローンを販売してもダメで、結局は使われなくなる。

だから最初に運用ありきで考えて、現場を見て、それに合わせたドローンを作り込んでいる。

図4. カスタマイズ事例

成長モデル - ドローンシステムのユーザー事例



Case1) 楽天「天空」

楽天が全国各地のラストワンマイルを解消するための物流ドローンシステム

- 専用の物流ドローン
- ソフトウェア開発のためのCoreAPI



Case2) NJS「Air Slider」

下水道など閉鎖環境のインフラ点検合理化を促進するための点検ドローンシステム

- 専用の小型ドローン
- ユーザーエクスペリエンス向上のための専用ソフトウェア



Case3) モリタ「Rei-Humming」

消防車両の一部として搭載され、長時間調査が可能な災害ドローンシステム

- 専用の消防用ドローン
- 有線給電・バッテリー切り替え

© 2019 ACSL Ltd. All Rights Reserved.

1. 楽天の物流用「天空」。過疎地で物流を実証的に始めている。
2. NJS のホバークラフト型ドローン「Air Slider」。
3. モリタの「Rei-Humming」。大規模火災が起きるとどこで屋根が落ちるか見ないといけない。落ちたところから一気に火災が広がる。今まではヘリで見ていたが、それをドローンで代替する。当該ドローンは消防車から有線でつなぎ給電しながら飛ばすのでバッテリーを気

にせず運用できる

2~3年前までは、売上高は1.5億円程度であった。翌年からソリューション営業に転換した。お客さんの運用に合わせるスタイルにした。そこから順調に売り上げを伸ばして、昨年度は8億、今年度は14億の売り上げを目指している。産業用ドローンの中でも早いペースで売上高を増やしている。

トーマツのデータだと日本のテクノロジー企業としては、当社は過去3年間で400%の売り上げ成長を実現し、日本で9位に入った。

(Q&A)

今、何台ドローンを保有していて、価格はいくらかなのか。

機体台数は、昨年1年間で販売したドローンが100台強。価格は1台300万円から400万円で売っている。販売したものとは別に、実験用として数十台を保有している。導入実績はトータルで300台程度。基本的には内製で、社内に製造機能がある。ただし一部はアSEMBリだ。ドローンはモジュールを組み立てるだけであり、製造はあまり難しくない。当社もモジュールを買ってきて、キーとなる技術は自分達で開発、製造してアSEMBリしている。

DJI が世界トップと言われているが、それに対抗して何ができるのか。日本のドローンの技術力はどの程度なのか。

DJI が8割シェアを持っているのは、産業用というよりはドローン業界全体での話である。彼らのドローンは基本的にはホビードローンであり、産業というよりは、個人で楽しむのが大前提である。

もちろん、産業のところで使われているものもあるが、自律性、安全性、カスタマイズ性については産業用ドローンのほうが注力している。

DJI はコントローラーが必須で、素晴らしい点は買ったその日から使えるくらい、簡単なユーザーインターフェースを備えていることである。ただしあくまでも人が飛ばすラジコン的なドローンであり、当社が得意とする自律制御技術は優先度としては低いように見える。

安全性でも、あくまでも消費者が責任を持つことになっている。パラシュートも標準ではついていない。事故が発生したら責任は操縦していた人にある。ホビー用途として使われるからである。

フライトコントローラーは、画像認識は当社が優れているが、小さいドローンのフライトコントローラーはDJI がとても優れている。当社でも出来る技

術ではあるが、先方はフライトコントローラーをパッケージで売っており、それを導入している企業もある。

カスタム性については、いかに簡単に操作できるものを大量に安く作るか、がDJI のポイントであり、当社のビジネスモデルとは異なる。産業用ドローンとしてDJI のドローンを使う場合、カスタマイズするのではなく、DJI のドローンからとったデータを後工程で、ソフトウェアで処理することになる。

市場見通し、成長可能性はどうか。

産業としては、必ず大きくなる産業であると考えている。日本は人口減が進み、かつインフラ老朽化も進む、というのが大きなトレンドであるから。

しかし今の産業の大きさとしての市場規模100億円は無いかと思う。産業用で必ず必要な技術ではあるが、そこにどれだけお金を使う企業があるのか、というと、現時点では数十億投資するような企業はない。あくまでも新規投資として試しているフェーズである。すぐに1,000億円、2,000億円になる市場であるとは思わないが、いずれは十分に大きな市場になると考えている。

プロジェクトの規模感はどうか。

最初の概念検証は、おおむね100万から300万円位で、複数回検証する場合などは、1,000万円程度のこともある。開発は、1,000万円から5,000万円位となる。

国は支援しているか。

現在では、支援はない。ただし継続している国のプロジェクトとして委託事業は今年3件ある。まだ継続して受けているが、基本的には今後は必要性に応じて参加していく。

理由は、事業としてある程度規模感ができてきたので、顧客からのCFで事業が回せるようになってきたためである。また、国としても産業用ドローンにお金をかけるフェーズが一段落して、ドローンの運用、運行管理の方にお金をシフトしてきている状況である。

ドローンの飛行時間の短さが物流で課題になっているが、どの程度まで飛べるのか。今後の可能性は？

ドローンの飛行時間は、当社の1mくらいの機体で何も載せないと30分位飛べる。2kg程度の荷物を載せるおおよそ20分くらい飛べる。

実際の物流で考えると、飛行時間がボトルネックということはない。当社のドローンは、対空速度で、

時速 72 kmで飛べる。このスピードで 10 分から 20 分飛べればかなりのことができる。福島の事例でも 9 km の距離を 15 分位で飛んでいる。とはいえ長く飛べた方が言い。この点は電池がどれだけ進化していくかによる。

実感としては、1 時間位、ドローンで飛べればいたい何とかなる。今だと充電に 1 時間かかるが、着陸時に新しい電池に取り換えてすぐ飛ばした方がよい。運用でカバーしている状況である。

2 年前までは最大で 20 分しか飛べなかったが、モーターやドローンの姿勢など、どの速度で飛ばすとエネルギー効率が高いか、といったことを検証して、徐々に飛行時間が伸びている。電池がボトルネックとなっているケースは少ない。

3 年前に倉庫を経営している方に依頼を受けた。RFID のタグをつけてあり、高さは 8m 位ある倉庫の棚卸し。当時、上の方はフォークリフトで棚卸をしていた。実験してみたが、GPS がないとろくに飛ばない。電池はリチウムポリマーなので、落ちると電池が燃えないか心配であった。日本の倉庫は通路が狭く、ちょっと飛ばすと、ドローンが自分の風で安定しない。無人化すると給電がうまくいかない。など課題山積で断念したという経緯がある。今ならできるのか。

技術的にはできる。非 GPS 機能で解決できるので倉庫内で運用可能だ。

落ちることについても、電池が難燃性を持っているかどうか、また、どこかが先にクラッシュブルゾーンとしてそこが壊れることで衝撃を吸収するという仕組みを、実験で検証している。

通路でいうと、2m くらいのところでも飛べる。当社の制御は非線形制御、モデルベース制御である。他方、一般的なホビードローンなどは PID 制御であり、こちら線形制御だ。

単純に言うと、傾いたら傾きの分を戻すだけモーターを変化させる。しかし大きい機体だと、姿勢を回復しようとするともーメントが大きくて姿勢の変更が行き過ぎてしまい、安定しない。それを当社は非線形制御で対応している。

給電をどうするか、に 8 つについては、実際にプロジェクトとして、無線給電でドローンを充電させている事例がある。

リーダー、ライターの機械を乗せても大丈夫か。

リーダーそのものはあまり重くないので、簡易的なリーダーならば大丈夫。現時点ではモーターの電力消費が最も大きい。

先日、ヤマハ発動機がアフリカなどで飛行機を売り込もうとしている。しかし問題点も多いとのことであった。御社としては海外のマーケットを見据えた活動はどのようなことを考えているのか。

海外については、当社として取り組んでいるのは、シンガポールなど。当社が最も得意としている点検業務で取り組んでいる。点検に対する需要は日本と同様、GPS が入らない環境で安定飛行するニーズはある。

海外全体を見ると、ドローンのメーカーで圧倒的なシェアを持つ産業用ドローン企業は少ない。ただしホビー用途の DJI は除く。

アメリカでもドローンのハードを内製しているところはあまりない。DJI の機体をやむを得ず使っているところが多い。従って当社としてはハードウェアも積極的に売っていきたい。

物流で 100 km 飛ぶとなると、海外のユースケースを見極めないといけない。現地の政府や規制にも精通しないとイケない。今の当社のリソースでは難しいため、まずは日本で実績をあげていき、それを海外に持ち込んでいきたい。

アメリカではアマゾンがドローン配送をやろうとしている。

実際、今年の夏にアマゾンが作った機体が発表されたが、アマゾン製ドローンの性能が圧倒的に優れているということはない。

ビジネスモデルについて。ドローン、AI、クラウドは当社に来るのか。

基本的にはお客様にクラウドを準備してもらうようにしている。当社にデータがたまると、プラントなどのセンシティブなエリアのデータを当社に渡してしまうことになるため、それは顧客が嫌がる。解析サービスはお客様からデータをもらう。

当社の画像認識はドローンを飛ばすための画像認識である。例えば錆の診断技術はアクセンチュアと組んで、同社に、錆が大丈夫かどうかをソフト化してもらい、それと一緒に当社がドローンを提供して、パッケージングして売っている。

どうやってデータを蓄積していくか。

1 つは社内実験でとっていく。直近で行っているのは、人を認識して緊急着陸する実験。

もう 1 つはお客様からお金をもらいつつ、概念検証している。これ自体が新しい実験になっている。お客様と一緒にやらせてもらいながら、お金を集めながら、新しい知見も得られている。

契約的にはドローンの技術、データ、特許は当社に
帰属。点検データはお客さんに持っていただく。

**ユーザーもミッションを組むのにノウハウが必要だ
と思うのだが。**

当社の営業は営業というよりも事業開発に近い形
で、お客さんと相談しながらやっている。ここも当社
の競争優位性になっている。

下水道の点検の場合、60 cmの下水道は曲がって
いないので、曲がる機能は必要ない。自動で戻ってこ
なくても手動で回収すればよい。

お客さんが何をしたいのか、どのデータが欲しい
のか、を1つ1つ検証して、技術的にどこまで対応
できるのか、を提案している。

EVはパナソニック製か。

今は中国製と日本製を使っている。試験をする中
で選定した。

荷物はどのくらいの重さまで大丈夫か。

今は2kg程度が推奨。

気候条件はどの程度まで大丈夫か。

スペックでいうと雨は大丈夫。

風は秒速20mまでその場にとどまることができる。
運用としては秒速10m以内を推奨している。

**点検の先にある作業までドローンでやろうとしてい
るのか。**

作業については、将来的には技術的には可能。実際、
見るだけでなく、打音検査用の機器を取り付けて橋
の点検を検証してみた。ただしドローンのプロペラ
の音があるので難しかった。現実的にはかなり先
になりそう。

**現状、自律技術が普及すればするほどNVIDIAが儲
かることになるが、自社開発はしないのか。**

当社のボリュームがNVIDIA全体よりもかなり小
さく、微々たるものである。現状では、NVIDIAは処
理能力を高めてもらうことが望ましい。それを当社
が用いる仕組み。当社はフライトコントローラーな
どコア技術を自社開発し、他はモジュールを組み合
わせていきたい。

以上

〈公開研究会 2019 年 11 月 18 日：講演要旨〉 於：野村総合研究所 会議室

『終末期ケアのイノベーションと普及 —在宅ホスピスの可能性—』

高橋 正 氏

(日本ホスピスホールディングス株式会社 代表取締役社長)

講演者の紹介

本講演では、日本ホスピスホールディングス株式会社（以下、当社）の創業者である高橋正氏に御講演いただいた。当社は末期がん患者や難病患者等を対象にしたホスピス住宅でケアサービスを提供している。多死社会を迎えた現在のわが国において、各人がどのような最後を迎えるかという問題は社会的な課題と考えられる。このような環境下、当社は、看護師を主体としたサービスに注力することで、在宅看護の居心地よさと病院の専門性を兼ね備えたホスピス住宅を展開している。

1. 会社概要

当社の社名には「ホスピス」が入っている。起業した時は、「ホスピス」という言葉を民間企業が名乗るのはいかなものか、という議論があった。

当社が展開しているホスピス住宅には、余命数カ月の末期がん患者が入居する。

現在のわが国では、病院の中に緩和ケア病棟があり、そこをホスピスということが多い。

著者はヨーロッパを視察した際、病院とは別に、キリスト教を母体とし生活の場としての最期をみとめる場所が存在することを知った。このホスピスを日本に広げたいと思って現在は当社の 100%子会社となっているカイロス・アンド・カンパニーを 2012 年に起業し、2019 年 3 月には上場までこぎつけた。

現在では、老人ホームなどの介護施設でもホスピスという言葉を使うようになった。今はホスピスという言葉を使うと、施設の稼働率が上がると考えている事業者も存在するようだ。

当社の事業としては、①. ホスピス住宅事業、②. 訪問看護事業、③. 在宅介護事業、の 3 つがある。訪問看護と在宅介護は、ホスピス住宅の中に併設されている。

ホスピス住宅は老人ホームの届け出もしくはサ高住の登録をしているので、外見的には老人ホーム、サ高住と見分けがつかない。事業としては少し異なるが、圧倒的に高齢者が多いという意味では似ている。基本的にはホスピス住宅はホスピスという終末期のケアをする場所。「住まい」「暮らし」を基盤とした医療にこだわりたい。

本社は丸の内内にあり、100%子会社が 2 社ある。関東と愛知県で展開しており、関東には 8 拠点、名古屋には 6 拠点ある。

2. ホスピスを取り巻く環境

日本は多死社会に入っており、介護の問題よりも、多死社会の方が、認識こそ薄い問題は根深いと考えている。

増加し続ける死亡者

2017 年で 134 万人（人口の 1%強）、毎年 5 万人ずつ増え、2039 年には 167 万人が亡くなると推計されている。

死亡原因のうち、ガンが 28%となっている。昔は結核が 1 位であった時代もあったが、これら細菌による死亡は医療の発展で激減した。今はガンや心疾患、肺炎などで亡くなる。自分の細胞が劣化していく、このことを受け入れながら死んでいくことになる。いわば老化の一種である。老化の一種としてガンや臓器不全といかに向かい合うか、が今の日本人が直面している課題である。

ガン患者、難病患者の難民化

目下、国は、病院を機能分化しようとしている。医者は命を救うことへの使命感が強い。最先端の医療機器と多くの医師を抱える大病院ほど急性期医療を担ってもらわねば、そこでは高度医療を発揮してもらいたい。ただし、高いコストがかかるのでなるべく短期間で退院してもらい、リハビリや在宅医療に切り替えるよう促すことが必要である。

昔は、ガンなどの難病は長期入院して、最後まで看取ってもらっていたが、いまはガンでも、手術ですぐに退院してもらおうケースが多い。

このような国策の変化により、当社の対象であるガンの末期患者は、少なくとも病院での長期入院が難しくなりつつある。

難病患者も同様。重度の病気でも家で過ごしても

らう必要があるため、施設から在宅へのシフトが大きなテーマとなっている（介護施設も在宅の一種とみなされる）。著者はホスピスの前に老人ホームやサ高住の運営などもやっており、その現状について熟知している。

現実的には、難病患者は老人ホームに受け入れてもらえず、また、自宅でみとることも非常に難しい。つまり、難病患者は行き場がない、というのが現実である。

死生観も変化しつつある。65%以上が延命治療を望んでおらず、また、60%以上の方が、自宅で死を迎えたがっている。この希望と現実とでは、大きなギャップがある。

昔は病院で死ぬば、安らかな最期を迎えられるという幻想があった。今は、実はそうでもないということがだんだんわかってきた段階にある。そこでホスピス事業を起こした。

3. 当社グループの在宅ホスピスの特徴

当社は、終末期ケアのイノベーションと普及を目指している。

毎年 160 万人以上が亡くなる時代が迫っており、現在の多くの死は、80～90 歳の方。いわば人生を全うした死が一般的になった。

昔は、治療技術や薬がなく、命を救いたいけれども救えなかった。医療の敗北としての死であった。そのため、最後の場面は病院や医師に任せるべき、という判断が自然であった。

しかし今は、土に還っていく、寿命としての死が一般的になった。それでいてその状況をソフトランディングさせる場が日本にはない。医師が命を救うことに集中するのは当然のこと。しかし、人生の最後を迎える「寿命としての死」は、看護師が最も合っていると思う。

当社は、ホスピス住宅を拠点とした、「生活の場」としてのかかわり方を実現したい。病院では医療保険のみだが、当社は 3 つの制度を活用している。ホスピス住宅は、自宅の快適さ、病院の安心感の両方が実現可能な場所であり、病院と自宅の長所を兼ね備えているといえる。

看護師を中心としたチーム作り

当社は看護師の配置数が多いことで、手厚い緩和ケアサービスの提供が可能になっている。かなり病院に近い配置で、専門看護師、認定看護師が在籍している。

老人ホームや介護施設に勤める看護師は、定年退

職や子育て期の看護師が多い。当社は、病院最先端にいる専門看護師まで来てくれる。

専門看護師の資格は大学院を出ないと取れない。160 万の現役で働いている看護師と、50～60 万の休職中の潜在看護師がいる。これらのうち、約 2,000 人が専門看護師であり、約 2 万人が認定看護師である。当社にはこれら専門看護師と認定看護師が、あわせて 20 名以上在籍している。

病院の最前線にいる看護師が、ホスピス事業に関心を持って入ってくれる、ということで、この仕組みを作るのに大変苦労した。

当社ホスピス住宅

当社のホスピス住宅は、1 施設あたり 20～30 人が入居している。また、介護保険、医療保険、障害者総合支援、の 3 つの制度を活用している。

同業他社の介護施設は 60～80 室が一般的であり、介護保険が主たる収入となる。

平均的な収入としては、1 室 1 カ月 100 万円程度である。老人ホームは一時金などがあり、単純比較できないが、毎月の収入だけで比較すれば 3 倍くらいの差がある。

病院は、けがや病気を治してこそその病院だ。死に何度も直面すると、バーンアウトする看護師が多いが、当社は、終末期患者に対して、看護師が痛みや苦しみを取り、最後に自分はどう生きたいのか、を聞き出して、なるべく実現してあげる。友達に会いたい、ご飯を食べに行きたい、孫の結婚式に出たい、といった希望をかなえてあげる。寿司を食べたいという希望があれば、できれば行きつけのすし屋に連れて行ってあげる。このように自己実現をしてあげるためのサポートをする結果、本人や家族からたくさんの感謝を頂く。家族とも一緒に抱き合っ、泣きながら見送りする。従業員にも達成感がある。

ホスピス住宅では自前で調理師を雇って食事を作っている。毎日、容体が変わるので、食事も毎食変わる可能性がある。人間、好きなものは上手に食べられる。最後に食べたいもので結構多いのがハンバーガーであったりする。でもパンは水分を吸い取るので、多くの施設では出したがらない。当社では、調理師と看護師が調整して出す。そうすると、だいたい上手にのみこむ。サンマも、冷凍の骨なしサンマはパサパサなのでのみこめない。旬のサンマは脂ものっているので案外のみこめる。

4. 成長戦略と今後の展開

部屋数でトップラインはほぼ決まる。看護師の採

用も鍵である。現在、関東と愛知県に展開している。当社の事業は、大都市が適している。ガンや難病の患者は、先端医療を求めて大学病院等にかかりたり、大病院に情報が集約され、そこからの紹介が多いためだ。

これからは団塊の世代が多く亡くなる時代を迎えていく。

来年、関西に進出する予定である。3大都市圏でドミナント展開していきたい。それ以外でも政令指定都市や県庁所在地など、大病院があるところが出店しやすい。

当社施設は、介護施設の半分の規模なので、200坪の場所があれば開設できる。ハウスメーカーは、この規模の土地を持っているオーナー情報を豊富に持っているのに、一般的なアパート営業が難しくなっているため活用できず、代わりに、当社への持ち込みが増え続けている。

当社は基本的には不動産を持たない。土地オーナーにホスピス住宅を建ててもらい、当社が賃借する。アパートよりは長期で借りてもらえるので、オーナーとしては、受け入れやすい。

候補地も駅前である必要もないので、外食産業ともバッティングしない。もちろん、従業員の採用面からいえば駅前が有利だが、それが採用のネックにはなっていない。入院日数を短くしないと、特に大病院は億単位でインセンティブが変わるため、医者はより忙しくなり、看護師は医者への補助に入らないと病院が回らない状態になっている。

その結果、患者に寄り添ってケアをしようとしたくてもできず、そういった看護師がホスピスにやりがいを見いだしている。

新卒の看護師は、まずは病院に勤務する。その後経験を積んで訪問看護に行く人もいる。訪問看護は、看護師が一人で家に行き、一人に対応する。在宅医も基本的には看護師に任せる。

訪問看護は24時間、オンコールで、何かあると駆け付けられないといけない。一人で行って一人で判断するというのは、やりがいでもあるが、医者の指示がない分、自分で責任を負わないといけない。つまり、チーム医療に慣れた看護師から見ると、訪問看護は負担が大きいという側面がある。

当社のホスピスは基本的に在宅医療なので、自分なりの看護を実現できる。また、同じ建物に、同じ看護師がたくさんいるので、相談もしやすい。従ってやりがいと働きやすさを実現できるメリットがある。

在宅へのシフトは国策であり、病院からしても、難病患者を受け入れてくれる当社とは協力関係が築

きやすい。病院からの信頼を得るまで時間がかかるが、いったん信頼を得た後は、利用者を受け入れてほしい、そういういった要望が加速的に増えてくる。

当社は12月決算で、今期は売上高42億円を計画している。2021年には売上高70億円を目指したい。関西は2020年に神戸市に開設予定である。

市場環境は追い風である。一番大きな要素は人材の採用で、いかに獲得するかが重要である。

当社は、末期がん患者や難病患者向けの緩和ケアをやるということを告知して採用をかける。当社が緩和ケアに注力する限り、看護師の注目も集めやすいと考えている。

一方、高収益であるが制度依存が高いことも事実。制度をよくみていないといけない。

5. 業績と経営指標の推移

2012年にカイロス・アンド・カンパニーを起業し、2014年にナースコールと合流、事業譲渡を受けた。プライベートエクイティファンドに資金を入れてもらい、新規開設を2015年から本格化した。2016年は赤字化したが、先行投資のためであり、計画通り。2018年に黒字転換して、利益率の改善も続いており、部屋数も順調に増えている。

(Q&A)

専門看護師は給料が高いのではないと思う。他方、一般看護師はスキルの問題があると思うが、このバランスはどのようにとっているのか。

専門看護師の給料は一般看護師に比べれば高いが、公立病院が多いため、公務員の給与体系に準じているケースが多く、突出しているわけではない。

また、一般の看護師にも病院と同じくらいの報酬を出している。介護施設よりもかなり高い。

ホスピス市場は傾向的に増加する。その分、アンビスホールディングスなど競合も増えていく。今後の事業環境はどう考えるか。

アンビス社との違いは、施設の規模感。先方が一回り大きい。40~50室。大きいところは80室。比較的老人ホームに近い。

介護施設に医療依存度の高い利用者を加えて仕上げてしていると推察している。

ホスピスの共有に比べると需要が圧倒的に大きく、ともにホスピス市場を開拓する、良いパートナーと考えている。

終末医療患者の滞在期間はどれ位なのか。

中央値は2カ月から3カ月。難病の人は半年から1年くらい。われわれのところは最後のステージ。利用者も、自宅にいられる間は自宅の方がいいと思う人が多く、全身に転移していても、臓器が動いているうちは、自宅で療養できる。最後の最後に当社に来る。

介護よりも医療の方が利益率は高いとのことであるが、終末医療なので医療行為はあまりないイメージであったが、何が利益のポイントなのか。

緩和ケアの基本は痛みと苦しみを取る。ガンは痛い。ALSの難病疾病にも痛みが出る。神経難病患者の多くが、自発呼吸ができなくなって亡くなる。痛み以上に呼吸が苦しい。

痛み止めの量も、ベッドサイドで情報を取りながら適切にやらないといけない。看護師が横にいて痛みや苦しみを緩和してあげる。

ガン末期については医療保険で対処するが、それだけのリソースが必要なので原価もかかる。

1施設あたり、1カ月に5人から10人の看取りをするため、毎日、稼働と単価を追いかけていかないとけない。

トップラインについて。死亡人口の何割が対象になるのか。また、ガン患者の内、保険対象者になると思うが、潜在市場はどの程度の規模なのか。

アメリカの場合、余命6カ月となると緩和ケアを受けられ、そのうち45%がホスピスで亡くなる。ヨーロッパでは、病院で3分の1、在宅で3分の1、施設で3分の1が亡くなる。日本では、全死亡者の3割くらいが事故か自殺で亡くなる。残りの7割が慢性期過程を経て亡くなる訳だが、その半分くらいが対象になり得る。一方で病院の病床数も余ってきているので、急性期でない病院が参入する可能性も高まってきた。今後は、これら病院とのすみ分けが必要になる。

売掛金が大きい。

医療保険も介護保険もサービルの提供月の2カ月後に入金となるため、施設数が増えれば、それだけ売掛金も大きくなる。

事業リスクとして何か考えられるか。

制度面と人繰り。その他はあまりない。採用についてはあまり問題となっておらず、一番の課題は主要スタッフの人材育成だ。

建物は30年契約で、最初はオーナーさんに立ててもらおうとのことであったが、ゼロから当社が設計して立てることもあるのか。

実は、本講演者は設計士であることから、自分で設計することもある。

フロアごとに完結できるように、フロアごとに風呂と食堂を付ける必要がある。ゼロからやった方がケアの質を担保しやすい。

看護師や利用者、その家族から感謝されるような設計が重要である。建築、不動産業界とのネットワークがあるので、物件の獲得の数については優位性があると思う。

介護施設は看護師が少ない。当社は看護師と介護士が同じ数だけいる。職種が違う中でチームワークを維持しないとけないと思うがどのようにしているのか。

当社施設は、看護師と介護半々で、少し看護師が多い。多職種連携ゆえに、ライセンスの縦割り構造が永遠のテーマだと感じる。

うちにくる介護職は、お年寄りを元気にしたいという人が多く、認知症よりも医療寄りの方に関心を持っている人が多いが、多い介護士だけや、少数の看護師で看取りをやるのは、実際はかなり難しく、近くに看護師がいることで安心して働く環境が整う。

入社してから短期間で辞める職員は看護師介護士を問わず一定数いることは事実。これはミスマッチなのでやむを得ないと考えている。

入社1年がたつと看護師、介護士の離職率はかなり低下する。

以上

日本ホスピスホールディングス株式会社

設立日	2017年1月4日
事業内容	末期がん患者や難病患者等の医療依存度が高い方に、「住まい」としてのホスピス住宅を提供し、看護師を主体としたケアサービスを提供。
本社	〒100-0005 東京都千代田区丸の内3-3-1 新東京ビル2階
証券コード	7061 (東証マザーズ)
URL	https://www.jhospice.co.jp



これからの都市防災

～不透明な未来に向けて～

廣井 悠

(東京大学大学院 准教授)

1. はじめに

本日の講演の機会をいただくにあたり、高嶋先生より、「防災は、まさに不確実性への対応であり、それに応じた都市計画、まちづくりが価値創造であると考えます」というメールをいただいた。そこで、今日は、都市防災を専門分野とする研究者の立場から、「不確実な未来の都市防災を考える」というテーマで、私の個人的見解にはなるが、不確実性、価値創造について述べてみたいと思う。

まず、自己紹介をかねて、私がこれまで携わったいくつかの研究について述べる。

わたしの代表的な研究は5つくらいに分けることができる。まずは「都市火災に関する研究」と「企業とすすめる防災まちづくりの研究」があり、後者に帰宅困難者の研究が含まれる。また、人々のリスク意識と防災行動についても研究している。避難しやすいまちづくり、ソフト防災EBPを確立しようと、防災行動をモデル化したり、アンケートやシミュレーションで分析をしている。研究4は、「都市のレジリエンスに関する研究」である。研究5としては、「地下のまち」に関する研究である。地下街のにぎわいや持続性に関する研究、地下街のサイン表示とマーケティングの実験、地下街避難シミュレーションの研究などである。

2. 都市防災とは

2.1 都市防災という学問 - 取り組みの専門性-

都市防災という学問の一義的な目的は都市災害の被害をなくすという点である。しかし都市防災は、防災ばかり考えているわけではない。一般に、都市に災害がおきたとき、その被害の大きさは、図に示すように、大体、四つの変数で決まるといわれている。

一つ目の変数は、ハザードといわれている。これ

は自然現象の力であり、地震の強さとか、津波の大きさである。二つ目の変数は、暴露量であり、エキスポージャーともいわれ、都市の場所、過密性、そして集積の度合いなどである。都市が過密であるほど、被害はおおきくなる。三つ目は脆弱性で、これは都市の強さである。例えば、建物の構造が弱いほど、被害は大きい。四つ目は、対応力・回復力で、レジリエンスとも呼ばれる。すなわち、人々がいち早く、避難したり、消防したり、生活を再建する力である。

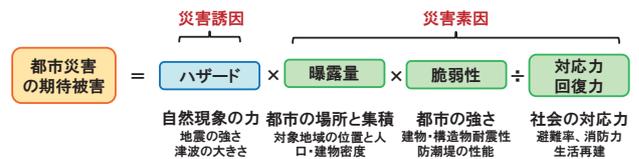


図 都市災害の要因

われわれは、これらの変数をうまくコントロールして、都市災害による期待被害を小さくする。この中で、「ハザード」は残念ながら、制御することができず、予測するしかない。つまり都市災害の被害を減らすには、ハザード（災害誘因）を予測し、三つの災害要因をできるだけ小さく、あるいは、大きくすると言うのが、都市防災の原理・原則となる。ただし、難しいのは、すべての街で、これら原則だけを追求することはできない。

例えば、飛騨高山のまちを例にとる。岐阜県にあるこのまちは、木質系の家屋が並び、日本的な古風な風情の町並みである。このまちが火災に弱いことは容易に想像できるが、それでは安全でないという理由で、鉄筋コンクリートの街並みに作りかえることは、「よいこと」と言えるであろうか？火災への脆弱性が極めて高いからといって、この街並みを全部壊して、鉄筋の家屋に造りかえようということにはならないであろう。防災の観点からは、このまちの脆弱性を軽減することは効率がよいと思われるが、

しかし、この美しい街並みの故に、人たちは、ここに幸せに住んでいるし、観光資源にもなっている。するとこの場合、おそらく、脆弱性を抜本的に変える対策よりもむしろ、暴露量や対応力・回復力の観点から、防災を考えねばならない。

以上から、明らかなのは、われわれが、本来目的にするべきは「都市の魅力をあげる」、「社会を幸せにする」ことである。防災はそのなかの一手段にすぎない。だとすると、都市の魅力のさまざまな要素を、どこかでバランスをとらなくてはならない。これは、都市防災を考えるうえで、とりわけ重要であると私は考える。

都市防災とは、一義的には、安全な街を造ることといったが、安全至上主義ではだめなのだ。都市防災とは、都市の魅力とか、社会の幸せをあげるために、防災を手段としてうまく利用するという視点が重要である。私が言いたいのは、「防災というのは、地域によってやるべきことが違う」ということである。そして、それは地域の未来を、ある程度、想定しないとイケないということになる。

さて、その地域性であるが、まずは、いろいろな地域がある。そこで、ここは、いま、首都圏だが、この首都圏の地域特性とはなにか、みなさんと考えたい。

国際宇宙ステーション (ISS) からみた世界の夜景 (航空宇宙局 (NASA)) をみると、日本は、ひときわ明るいいし、中でも、首都圏は群を抜いて明るい。首都圏には、人々も、情報も、知識も、さまざまなものが集積する。このさまざまなものの集積が都市の長所である。ただ、ひとたび、災害が起こると、この長所は、一気に短所に変わる。首都直下地震が発生すると、住民対応能力の低さ、居住エリアでの高い破壊効率、中枢管理機能の麻痺などが発生し、甚大な被害となり、密集市街地内の道路閉塞、同時多発火災、消防力の限界、大量避難・公共交通システムや物流システムの機能不全、甚大な経済被害と保険システムのパンクなど集積に起因するさまざまな負の相乗効果が発生する。

以上から、首都圏における災害の地域性をまとめる：

特徴(1)： 過密した大都市は非常に災害に弱い(負の外部性)

特徴(2)： 同様の災害は近年起きておらず、何が起きるか分からない

ミュンヘン再損保会社の災害被害の試算では、世界的にみても、首都圏は、世界で群を抜いて1位の危険な都市と評価されている。東京では考えておくべき帰宅困難者の問題などは、大阪や名古屋・京都

などを除く多くの地域や都市では、あまり、心配する必要のない問題といる。さらに、地域性の問題を、もう少し、具体的に考えてみよう。

東日本大震災以降、メディアでもたびたび特集される「南海トラフ巨大地震に対し、巨大防潮堤を造るべきかの問題」がある。例えば全くノーガードなまちを考える。防潮堤がないので、きれいな景色を常に楽しむことができる。観光客も多いだろう。これに対して、巨大な防潮堤があるまちはどうだろうか。どちらが良いかの議論が、東日本震災以来、頻繁に議論されてきた。

しかし、実は、これだけで、どっちがいいかと問いかけても、意味がない。それを議論する前に、ここでは決定的な情報に欠けている。まず、客観的な情報、科学的なエビデンスがない。津波はどこまで来るのか、何分で来るのか、確率は？巨大防潮堤ができれば、人々は避難してくれるか、交通渋滞は発生するか、などである。次に知るべきは、先ほど議論した地域性である。要援護者はどの位いるか、避難の取り組みは本当に30年続くのか、今後、人口は増えるか、減るか、1000年に1回の災害を理由に集団移転することは妥当か、地域の人はどうしたいか、など、地域性が分からないでは、議論にならない。そして、最後に多様性である。「巨大防潮堤だけではないだろう。例えば、津波避難タワーなどは？」。ほかにも、「移転先に津波リスクがあるのでは？」、など多様性のことも、考えねばならない。要は、客観性、地域性、多様性といった「まちの特徴」に配慮して、みんなで考えて、折衷案を導くのが都市防災である。そして、私たち研究者がやれることとして、客観性が重要である。そして、科学的な情報、また、地域が将来どうなるのかの予測などをあきらかすることが求められると思う。以上が、わたしが考えている都市防災のポイントであり、要点である。

3. これからの都市防災

3.1 時代とこれからの社会変化と防災

さて、これから、どういう時代がくるかという、少し不確実な話をしたい。これからの都市防災は、少し、暗い話になるかもと考えている。誰しもがなんとなく感じている時代の変化は、以下である：

1. ますますの少子・高齢化社会
2. 地域社会の担い手の変容と逼迫する自治体財政
3. 低成長と市街地更新力の低下

1. は、自分で自分の身を守れない人が増えるとい

うことを意味している。つまり、自助が限界となる。しかし、2. は、共助についてだが、この助け合いもできなくなる。助ける側が急激に減って、助けられる側がまた急激に増えて、助ける、助けられるのバランスが大きく崩れる。夕張市のように、財政破綻の自治体が増えると、防災投資もできない、市役所の防災担当職員も減る。3. は、成長時代での都市開発の手法、開発圧力を前提とした防災力強化は、限界にきているということである。

もう一つは、災害像と求められる安全水準が変化してくると、私は思う。多様な価値観がでてきて、安全水準がそれなりに引き上げられる。近年、災害リスクが量的に、質的に変容してきたと、わたしは思う。例えば、30年、40年前だったら、ペット避難問題など議論されない。誤解を恐れずに言えば、そのころは、壊れなければ、死ななければよい、という世界であった。それが、いまや、ペットの避難は是か非か、ホームレスを避難所に受け入れるのは、是か非か、のようなグレーな価値観での選択に変わってきた。いままでは、災害対策は、人命に対する対策であった。これは、誰がどうみても、正しい対策である。ただこれからは、災害対策もグレーな価値観に基づくものになって、つまり、どっちがいいのという議論となる。後ほど説明するが、これは不確実性の対処とも直結する。つまり「100年、1000年に1回の災害に、多額の防災投資をすることは、それ一体、正しいのか？」という、不確実性を伴った現象に対する命と経済のバランスはどのように社会的合意をするかという課題である。

私は次のように思う。火災とか、津波とか、豪雨とか、いろんな問題のピンポン球が落ちてくる。それを、がんばってお皿みたいなもので受け止めて、下に漏れる被害を減らすというのが、防災の基本的な考え方と思う。しかし、このお皿がどんどん小さくなって、受け止められなくなってくる。自助・公助・共助が、カバーできない範囲は、ますます増えていく。問題も、たくさん、増えていく。人の生死に関わる問題だけではなく、人の財産問題など、たくさん、増える。つまり、ピンポン球の数である「需要」は増えるのに、お皿の受け止める面積つまり「供給」はどんどん減っていく。ゼロリスクがないものとする、優先順位をどうつけるか重要なポイントになってくると思う。これからはそういう時代であると考えている。

ただ、ある程度、希望が持てる側面もある。ひとつは、「都市の縮退と暴露量の低減に向けた時間的猶予」である。上記のように、「対応力」はどんどん減るが、その分、社会として暴露量を逡減する対策を

施すことが可能である。安全な地域にどのように居住させるかを、20年、30年かけて真剣に考える。これが、もしかしたら、南海トラフ大地震までには、できるかもしれない。それから、科学技術の進展にも希望が持てる。特に、AI技術、IT技術の発展は、防災対策に、それなりに、対応できると思う。それから、ここに「少子・高齢化社会」と書いたが、最近の高齢者は元気なので、それに期待しましょうということである。

3.2 災害リスクの量的・質的変容

「防災白書」に、災害による死者の数のグラフがある。昭和20年、30年は、風水害とか、ちょっとした地震でも、5000人、6000人の死者がでた。その後、大幅に死者は減って、現在は数十人、多くても数百人になった。このこともあり、社会の人は社会が安全になったと見ている。昔の何千人死んだ時代に比べて、いまは死んでも200人である。ただ、阪神淡路の震災のときは、救助が遅かったから大きな被害になったとされている。それから、東日本大震災は、想定外だったから、被害は大きかったと説明されている。「特別な状況」を除き都市の安全性はかなり向上していると社会は思っている。それは、私は、大きな間違いだと思う。単純に、中規模災害が無くなっただけである。たしかに、河川整備や都市の不燃化などで、1000人単位の死者がでる中規模災害は、無くなってきている。

つまり、中規模災害を受け止めるお皿を、それなりに大きくしてきたことで、中規模災害は無くなった。でも、お皿を大きくしても、すごいピンポン球が上から大量に降ってくると、やっぱり漏れる分はたくさん出る。大規模災害は防げない。つまり、災害の被害は、これから数十人の小災害と数万人の大災害の2極化へ向かう。当然、両者への対応はかなり異なる。特に、大規模災害は対応が難しい。災害リスクは「一発起きると大変」型に変容しており、これからは、このような巨大災害に対応する方法を考える必要があると考える。ただ、これは難しい。

例えば、南海トラフ巨大地震は、5つくらい特徴がある。まず、低頻度高被害化である。確率は低いけど、一発おきると、すごい大きな被害となる。このような場合、確率×被害規模で、期待被害を計算しても意味がない。費用便益分析には、限界がある。つまり、いままでは、「リスク」であったものが、どんどん「不確実性」に変わってくる。この不確実性に対しては、いまのところ、ソフトで備えようということになっている。ソフトで逃げまじようとなっているが、私は、それで本当に大丈夫か、と思う。

もうひとつは、災害リスクの複合性である。南海トラフ大地震では、地震の揺れも、火災も、津波もすべてが来る可能性がある。関東大震災と、阪神淡路大震災と、東日本大震災が、すべて一緒に来るイメージである。その上、原子力災害もくるかもしれない。地震水害、パンデミックも発生するかもしれない。つまり、予測できない現象がたくさん起きる。このような質的変容をキチンと乗り越える必要がある。

もう一つは、被害像の多様化である。「人が死ななければいい」の世界から、健康被害、物的被害、経済被害、風評被害、心のケア、コミュニティーの分断まで、たくさんある。この細かい対策について、全部、対応するのはできない。どういう優先順位をつけるかが、巨大災害の問題である。

防災の世界で、ここ20年くらい、ゼロリスクを求めすぎて、想定外を含めたあらゆる外力から、命だけでなく、われわれの生活全体を守らなければいけない雰囲気になってきた。需要過多である。受け止め側は、疲弊して、「もうなにもできません」という状況になっている。

3.3 天譴論から人災論へ向かう災害観

いまや、「災害に伴う膨大なニーズを、ますます先細る行政が守るべき」の論調になっている。「国民の生命を守るのは行政の責務であるとはいえ、限界があるよね」というのが、われわれの考えである。でも、国民生命を必ず守らなければいけないような雰囲気になってきた。昔は、大きな地震が起きたら、災異(さいい)改元をした。災害がおきたら、もう仕方がない、運命とか、精神的に乗り越えようとか、天譴論で受け入れた。しかし、いまは、大きな災害が起きたら、誰かが悪かったせいとされて責任を取らされる。本来は、その構造的要因を明らかにすべきなのに、いまは、悪者探しを始めて、行政管理者などによる人災にしたがる傾向がありはしないだろうか。その結果、予算も人もない行政に役割と責任のみを押しつけたり、責任回避のために全市一斉避難勧告をしたり、気象情報と機械的に連動させるだけの意味のない避難情報になってしまう可能性も否定できない。

そもそも、災害対応というのは、ゼロリスクを求めるのではなくて、優先順序をつけなくてはならないということを、われわれ研究者は提言するべきである。

もうひとつ、先ほどのチャンスの話に関連して、少し、細かい都市計画の話をしたい。

都市は、これから、人口減少で、どんどん縮退し

ていくと考えられる。このため国などは、コンパクト+ネットワークの都市に変えていこうと呼びかけている。つまり先にも触れたように、ますます「対応力」での解決が難しくなってくるので、巨大災害リスクを抜本的に解決するために、暴露量を削減する、危険な場所にどういう風に住まわせないようにするか、というような対策が求められるということである。つまり、都市をどう縮退するのか、どのような市街地の都市をめざすのか、どう暴露量をへらすのか、を考えないといけないが、このような暴露量の低減は、なかなかむずかしい。いま、立地適正化計画で、都市機能を、安全な場所、あるいは利便性の高い場所、住環境のよい場所に移そうという計画を、いろんな自治体がつくっている。ただ、やっぱり、安全なことだけを考えて都市というのはできない。また、行政がせっかく計画してもなかなか人は移転してくれない。例えば、安全なところに住んでいる人のうち、低所得の人は、「ここは土地誘導区域ではありませんから、移動してください」、といわれても移転できない。お金持ちは資産的に余裕があるため、移転することができる。すると、移転できない世帯が取り残されることになり、地域の中の脆弱性はますます高まっていく。事実、このような現象がわが国で起こっているものと考えられる。例えば、南海トラフ巨大地震の想定がでて、「ここが浸水地域ですよ」、と言われると、まず動くのが若い人と、金持ちである。この人たちは、高台に移転している。移転せずに残るのは、多くの場合、高齢者と低所得者である。こうなると助け合いもなかなか難しい。むしろ、被害は大きくなるかもしれない。つまり、「撤退、撤退、居住誘導」を叫ぶだけでは、安全な都市をつくることはできない。

一方で、東京のような大都市では、例えば浸水リスクを提示して、地価が安くなると、高所得の人たちが移転する。しかしその場所はもともと需要のある場所なので、高齢者の人たちが流入してくる。

つまり、今日、私が1番言いたいことであるが、近年、都市問題である防災の問題の中身が、変わってきた。あえていえば、防災の問題は、確定的ではなく確率的な考え方になってきた。今までの「人が死ぬのを防ぐ」という絶対的な最優先課題から、「財産被害を軽減する防災対策 VS 自治体財政の健全化」「ペットの避難は是か非か」などを代表としたグレーな価値観に基づく多様な選択へかわってきた。そして扱う対象も膨大になった。また1000年に1回の大災害のような不確実性の高い現象も対象になると期待値は意味を持たず、費用便益分析も信用できず、ますます多様かつ確率論な目的変数になってきてい

る。一方で、技術の発展に伴う解像度の高度化や手続き的公平性などにより、政策や解決策はますます1か0かの確定論になっているように思える。例をあげると以下がある：

例①：「1981年以前の住宅や木造にしか耐震補強の補助は出ません」と政策を出す。しかし当然、それ以降の建物でも補強必要度の高いものはあるし、古い建物でも安全な住宅はある。

例②「ハザードマップで浸水域ギリギリだから安全」と考えている住民も多いが、必ずしもそうではない。

4. 専門家の役割はどう変わるか

ここで、これからの都市防災の新しい方向性とイノベーションに関連して、「われわれ専門家の役割は、どう変わっていくか」に触れたい。

4.1 新しい方向性とイノベーション

三つぐらい、専門家の役割として、意識するべきことがあると思う。

ひとつめは、長期戦で考えましょうということがある。やはり、南海トラフ巨大地震というのは、30年先、40年先の長期戦である。首都直下地震というのは、いつ来るかわからないので、短期決戦風であるが、南海トラフ地震の方は、野球で言うとペナントレースで、長期的なプランを考える余裕がある。30年、100年続く全体最適を考えるのがよい。

いま、日本が経験したある災害で得た教訓を、以下に、紹介する：

- 迅速な避難行動が重要である
- 津波警報の迅速化が必要である
- 情報空白域への対策が重要である
- 市町村による積極的な避難の呼びかけが必要である
- 災害体験の風化を防ぐことが必要である

さて、これは、一体、何時、どの災害での教訓であろうか。多くの方が、東日本大震災の教訓ではないかと答える。実は、これは「東日本大震災の教訓」ではない。なんと「日本海中部地震(1983)の教訓」である。30年前の教訓だが、東日本大震災の後で得た教訓とほとんど、同じように思える。さらに、80年前の昭和三陸地震(1933)の教訓も、「警報システムの強化と伝達」、「防災教育」、「津波の来る場所には住まない」と伝えられている。一体、われわれは、

80年間、何をしていたのだろうか。おそらく、防災教育、リスク啓発には、限界がある。言い換えるなら、100年に1回、200年に1回の災害の教訓は、世代を超えてつなげていかないと意味がない。人間の心の中に、教訓を埋め込むだけというのは十分ではなくて、技術とか、街の造り方とか、行動規範とか、文化に、きちんと落とし込まないといけないのである。それが、「長期戦で考えましょう」ということの意味である。

4.2 経験してないことの見える化

「安全を付加価値にする」という姿勢も重要である。例として、令和元年台風19号で、武蔵小杉の状況が世間で非常に騒がれた。しかし、武蔵小杉でとりわけ大きな被害があったというわけではなく、あえて言えばインフラ災害である。高級路線の住環境の価値には、安全性が含まれて当たり前、と社会が認識しているといえないだろうか。すなわち、防災が加味されてこそその住環境価値である。

もう一つは、研究者側の課題であるが、経験しないことというのは、対応できない。「経験してない、目に見えない、理解できない災害リスクを想定しておく」ということは重要なように感じる。例えば、モバイル空間統計のデータを購入して、東京駅から40キロ圏内の、ある平日の昼間に、出勤している630万人ぐらいの人がどういう帰り方をすると、どこがどれだけ混むかのシミュレーションを2015年に作った。これは、東日本大震災を再現したものである。東日本大震災の時は、多摩川の橋のところで、結構、人が集中したといわれているが、全体で見ると歩道でも密度は高くない。一部を除くと大体、多いところで $0.2\text{m}^2\sim 0.5\text{m}^2$ 一人ぐらいである。すなわち、 2m^2 もしくは 5m^2 に一人ぐらいの密度で、このときは、帰っていた。このときは、震度5強であった。おそらく、それほど、家族のことを心配せずに帰っていたのであろう。アンケートをとっても、実際に半分ぐらいの人が時差帰宅的にゆるゆる帰った、という状況であった。こういうときは群集事故などが起きるリスクが高いとはいえない。これが、首都直下地震が起きて、みんなが、一斉に帰ってしまったら、どれくらいになるかをシミュレーションした。つまり、600万人が一斉に帰ったらどうなるかである。このような状況下では、幾つかの箇所、 1m^2 に6人以上の混雑が発生することがわかった。これは非常に高い過密状態である。みんなが一斉に帰るとこうなる。このようなことは、いままで起きてないのだが、このように、いままでに経験したことのない事象を限界はあるものなるべく丁寧に

シミュレーションして、周知するというのも、研究者のひとつの役割であると思う。地震を起因としたものではないものの、このような群集事故は、過去にも、日本でも、世界でも、たくさん起きている。1番有名なのは、イスラム教信者によるメッカの大巡礼である。

上の600万人が一斉に帰宅するケースでは、80万人くらいは車でかえるので、いま、徒歩で帰る人は500万人としても、一斉に帰ると、このような事故が起こる。「一斉帰宅はやめましょう」という政策の根拠になるシミュレーションといえる。ではこれが、どういう帰り方をすればよいかというと、従業員が、半分くらい帰らないだけで、だいぶ、ましになるという結果もでてくる。さらに重要なのは歩道ではなく車道である。東日本大震災直後より翌日の朝にかけて、東京では交通渋滞があちこちで発生するが、これが首都直下地震などで、みんなが一斉に帰ったらどうなるだろうか。シミュレーションすると、1時間3キロ未満の非常に深刻な交通渋滞が各所で発生する可能性が示唆された。このような状況では、当然、消防車、救急車は動けない。帰宅を急ぐ車だけで、幹線道路が使えない事態になる。震度6強や震度7だと東日本大震災時とは異なり、幅員の狭い道路は建物倒壊などで閉塞している可能性もある。こうなると、助けられる命も助けられない。消せる火災も消すことができない。このようにして起こる車渋滞は、むしろ、加害行為になる。

災害が起きた地域で、どのくらいの人が一斉に帰宅するかどうか、そしてそれに伴いどのくらい渋滞や、どのような深刻な群衆事故が発生するかは、シミュレーションで、見える化して、防災への知恵をもたらすことが可能である。液化化や長周期など物理現象だけではなく、社会状況の予測も含め、個人や社会が適切に災害をイメージできるようにする。研究者には、このような技術開発がもたらされる。このように、シミュレーションをつかって、普段は、想定できない事象を想定する研究も重要であると思う。

それから、私たちの研究事例として、南海トラフ地震時の疎開がどのくらい起きるかの研究をしている。南海トラフで住まいを失った人たちがどのくらい発生するかを、シミュレーションで予測している。例えば200万人くらいの世帯が住まいを失うとすると、これに対して建設型のプレハブ仮設住宅というのは、わが国では5万戸しか供給力がないと言われている。すると、みなし仮設といって、賃貸の空き家に被災者は行くことになる。しかし、この賃貸の空き家、基本的には大都市である。なので、例えば、

三重県の尾鷲とかは、たくさん被害が起きる可能性があるが、その人たちは、オープンスペースなどにプレハブ住宅として仮住まいを探すことができなくて、どうしても、大阪や名古屋に行かねばならない。そうすると、どのくらいの人口移動が発生するのだろうか。シミュレーションの結果、疎開時では、一部の被災地で人口が激減することがわかった。女川などでは、東日本大震災前後で、国勢調査で人口が3割くらい減っている。被災することによって、その地域そのものの存続が脅かされる。このような検証もできている。

4.3 ビジョンづくりで価値創造と原理的変革

最後の三つ目の方向性は、ビジョンづくりで、価値創造、原理的変革が、非常に重要だと思う。例えば、今後、30年くらいを考えると、スマートシティ時代の防災技術はどうあるべきかななどの、新しい都市防災のかたちを模索することが重要と思う。

ここで、一つ、過去の事例に学びたい。95年前の帝都復興計画、つまり関東大震災後の復興計画では大変幅員の広い道路が作られた。例えば、「昭和通り」である。この道路をみて、どう思うだろうか。多くの人が、「ちょっと広すぎじゃないか」と思われるであろうか。当時、車は全然ない。当時の人たちも、「こんな広い道路、なぜつくるのか」と、クレームをつけたようである。しかし、後藤新平は「これからは、必ず、自動車交通の時代が来る。都市は、100年に1回しか、作り変えられない。だから、こういう道路をつくるのだ」と言ったといわれる。つまり都市を造る作業というものは、いまのニーズだけではなくて、将来のニーズに合わせた、不確実な未来に合わせたまちづくり、これが必要になる。

わたしは、都市計画や復興の講演をするとき、よく「もし皆さんのお子さんが小学校6年生だとして、3月になりこれから中学生に上がるときに、どういう学生服を仕立てますか?」と問いかける。ほとんどの人たちは、お金持ちでないかぎり、中学生の学生服は一つである。なので、小学生6年の3月には、かなり余裕はあるが、中学3年の秋くらいに、ちょっときついくらいの服を作るであろう。それを仕立てるテーラーは、その人の骨格をちゃんと見て、場合によっては、お父さん、お母さんの背丈など見ながら作るに違いない。都市計画や都市防災は、たぶん、このテーラーと同じ仕事なのだ。そのときのニーズだけではなくて、将来、この都市がどう活用されているか、どのように幸せな生活が営まれているか、そしてここではどういった「幸せな未来」を構築すべきかを考えて、30年先のデザイン、あるいは、

対策、物的環境の整備をしなければいけない。後藤新平の時代は、ある程度、右上がりでわかりやすかったが、これからの時代はどうかかわからない。都市によっては縮退するし、場合によってはアマゾンと自動運転があれば、市街地などいらぬという世界になっているかもしれない。少なくとも、それを地域の中で共有し、創造し、そのもとで対策を立てることが、重要と思う。地域性が重要といったが、私はその先には、創造性という重要な特徴も忘れてはいけないと考える。

ではどのように価値を創造するか。これは難しい。私もいろいろ本を読んだが、いつもと違う人が混じるとよいと書いてある本もあった。つまり今日、全然リアルオプションを知らない私がここに来て、話をさせてもらっているように、いつもと違う人との知識の重ね合わせで、価値を創造することができ

るということだ。都市計画で言えば、外国から来た人とか、若者とか、その地域の外のひとの感性、知見、創造性との重ね合わせで、新しい道が開けると思う

もう一つ、研究を紹介させていただきたい。

いま、さきがけ研究をいただいて、「いままでの決め打ち防災から、対応力強化の防災へ」、つまり、どういう災害がおきるかを、あらかじめ、イベントツリーのようなものを何千個もつくっておいて、災害が発生中に、「将来どういう問題が何日後におきます」と、予測するシステムを研究している。このように、事前になにかできるかを予測しましょうというような研究もこれからはあってよいのではと思う。

以上、少し雑駁な話であったが、私の講演を終わりたい。

JAROS2019 研究発表大会<基調講演>
より

セミナー「不透明な未来へ向けての価値創造戦略」

エネルギー・リスクマネジメントと海上輸送

鳥海 重喜

(中央大学理工学部 准教授)

1. はじめに

エネルギー資源の多くを海外からの輸入に頼る日本には、さまざまな不確実性が存在している。最初に考えられる不確実性にはエネルギー資源自体の**価格変動**であろう。例えば、2010 年から 2019 年までの 10 年間の WTI 原油先物価格をみると、最高で約\$115、最低で約\$26 となっており、4 倍以上の価格差がある。

次に考えられる不確実性には、消費国における**需要量**と資源国における**供給量**が挙げられる。需要量は経済状況や技術革新などの影響を受ける一方で、供給量は政治や紛争などの影響も受ける。

一般には、上述した価格・需要量・供給量が不確実性として考えられることが多いが、ここでは別の不確実性として**輸送**に着目する。日本は原油や天然ガスを船舶による海上輸送によって輸入している。そのため、船舶に起因した輸送に関する不確実性がいくつか存在する。まず、輸出国（輸出港）と輸入国（輸入港）を結ぶ航路（ルート）について考えると、大まかには決まった航路が存在するが、細部は船長に委ねられているため、いつでも全く同じ航路になるというわけではない。そのため、**輸送距離**にバラツキが生じる。

ところで、エネルギー資源の輸送をはじめとする物流には、荷物を運びたいという荷主が存在している。一般に、荷主には「どこから、どこまで、なにを、いつから、いつまでに、いくらで、どのように運ぶ」という要求（オーダー）がある。先ほど述べたように、輸送距離にバラツキがあるということは、「いつから、いつまで」という時間制約を守るためには**船速**をコントロールする必要がある（湾内や海峡などには速度制限が設けられていることもある）。船速のコントロールは、直接的には船舶のメインエンジンの出力をコントロールすることに相当するが、船速は気象・海象の影響も受ける。そのため、船速

を完全にコントロールすることは難しく、その結果**輸送時間**にもバラツキが生じる。

船舶が単位時間あたりに消費する燃料は、船速の 3 乗に比例することが知られており、船速のコントロールは燃料消費量の変動、つまり**輸送費用**の不確実性につながることになる¹。

さらに、2010 年頃には世界のさまざまな地域で**海賊被害**が多発し、直接的な危険にさらされることもあったうえに、2019 年には米イランの対立などからホルムズ海峡付近で船舶が攻撃を受ける事案も発生した。

このように、輸送における不確実性を評価することは日本のエネルギー政策にとって重要であると考えられる [1]。

2. エネルギー資源輸送のモデル分析

2.1 エネルギー資源輸送の現状

図 1 は原油と液化天然ガス（Liquefied Natural Gas; LNG）の輸入量の推移を表している。原油の輸入量はガソリン需要の低下などに伴い減少傾向にあるのに対し、LNG の輸入量は 2000 年代後半の増加を経てここ数年は横ばい傾向にある。

¹ 例えば、船速を 2 倍にすると単位時間あたりの燃料消費量は 8 倍になるが、ある距離を航行するのに要する時間は半分になるので、実際の燃料消費量は 4 倍になる。したがって、ある航路を航行する際に燃料消費量が最も少なくなる船速は、目的地に指定された時刻に到着するような一定の船速ということになる。

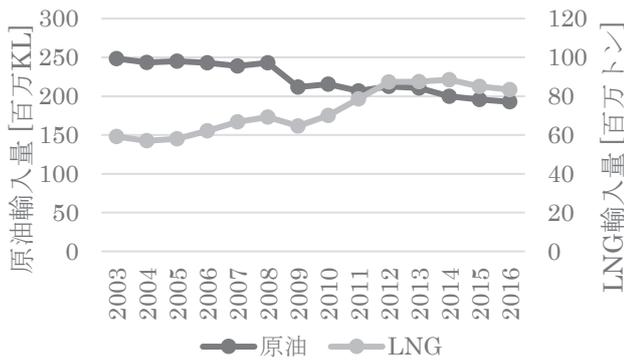


図1：原油とLNGの輸入量の推移

(出典：資源・エネルギー統計年報、貿易統計)

原油とLNGの2016年の輸出国の内訳（数量ベース）を調べる。原油では、サウジアラビア、UAE、カタールなどの中東地域が約87%と集中しているのに対し、LNGでは、中東地域が約24%であり、オーストラリアやマレーシアなどからも輸入されていた。

輸出国やその周辺で有事が生じるとその国からの輸入ができなくなる可能性が高くなるので、特定の国や地域に大きく依存している状況は好ましくない。また、輸出国のみならず、輸送経路周辺の有事も輸入に影響を与える。したがって、輸送経路におけるリスクを考慮しつつ、さまざまな国や地域から輸入することが理想的である。一方で、遠い国からの輸入では多額の輸送費用が掛かってしまうというデメリットも存在する。いわゆるコストとリスクのトレードオフの関係があることから、コストをはじめとするいくつかの制約を満たしつつ、**輸入全体**として

リスクが低くなる輸出国や輸送方法の組み合わせを見つけることが重要である [2]。

2.2 輸出国・輸入量決定モデルによる分析

ここでは、エネルギー資源を輸入する際の不確実性に対し、輸出国の**カントリーリスク**と輸送ルート上の**輸送リスク**を定義した上で、輸出国の組み合わせと輸入量および輸送方法（船舶の割り当て）が与えられたときの2つのリスクを評価するモデルを紹介する。本研究で想定するカントリーリスクは、資源を輸出する国において固有に発生するリスクとし、リスク事象の具体的な例を挙げると、他国からの経済制裁による輸出の禁止や軍事衝突などによる輸出困難などである。カントリーリスク事案が生じると、輸送方法によらずその国からの輸入が完全に途絶されると考える。また、輸送リスクは、**海賊リスク**と**海難事故リスク**で構成されるものとし、前者は輸送ルート上のチョークポイント（ホルムズ海峡、マラッカ海峡、ソマリア沖、スエズ運河、パナマ運河）を通る際に海賊に遭遇する可能性、後者は、輸送中に海難事故に遭遇する可能性を意味している。輸送リスク事案が生じた場合、輸送中の船舶のみが影響を受けると考える。

このモデルは2つのサブモデル、①**カントリーリスク評価モデル**（Country Risk Assessment Model ; CRAM）と②**輸送リスク評価モデル**（Transport Risk Assessment Model ; TRAM）から構成されており、一方の入力が他方の出力によって決まるという関係を持っている。

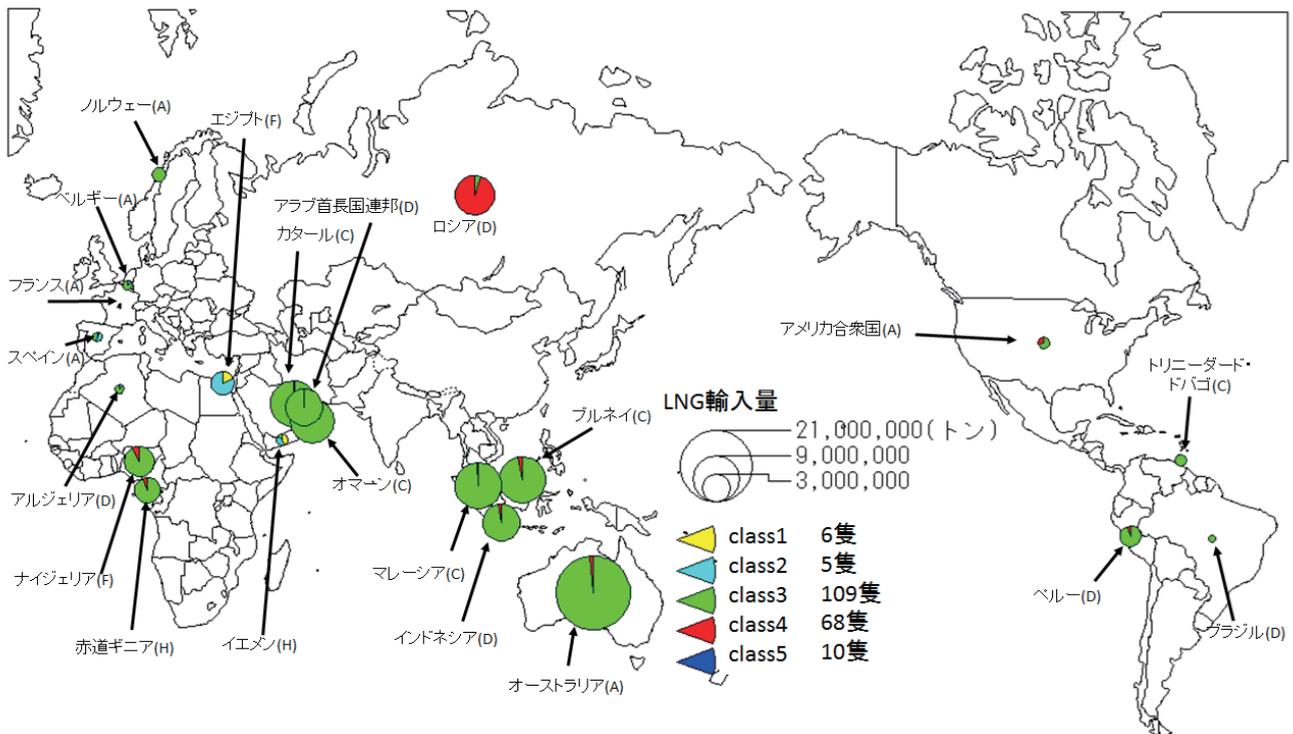


図 2：カントリーリスク最小となる輸入パターン

(注：CRAM で決定した輸入先毎の LNG 輸入量の割り当てを円の大きさで、TRAM で決定した 5 つのカテゴリーの船舶の使用比率を円の中の 5 色の比率で表している。)

CRAM では、ポートフォリオ選択理論を用いて、輸送コストを現状とほぼ変えずにリスクを低減できる輸出国・輸入量を決定する。このとき入力データとして、輸入候補先毎の船舶による平均輸送量と資源 1 トン当たりの輸送コストを与える。

TRAM では、CRAM で求めた輸入量の割り当てを入力データとして、輸送リスクが最も低くなる船舶の割り当てを決定する。この段階で、輸出国・輸入量・船舶の割り当てが決まった 1 つの実行可能解を得ることができる。

TRAM を解いた結果、輸入候補先毎の 1 輸送あたりの平均輸送量と資源 1 トンあたりの輸送コストが更新される。その更新された値を CRAM の入力データとして与え、再び輸入量の割り当てを求めるという一連のプロセスを複数回繰り返すことで実行可能解を複数求める。

得られた実行可能解の中から、カントリーリスクが最小となる解や輸送リスクが最小となる解を取り上げ、現状と比較する。なお、実行可能解は 2 つのリスク評価値に加え、輸出国や輸送ルートなどの情報を有しているので、地理情報システムなどを利用して、解を可視化することもできる。図 2 はカントリーリスクが最小となる輸入パターンを示している。カントリーリスクが高い赤道ギニアやイエメンからも輸入する、輸送リスクの低いロシアからの輸入に

class4 の大きな船舶を多く割り当てるなどの特徴が見られる。詳細については [3] を参照されたい。

2.3 北極海航路の活用

近年、地球温暖化の影響によって北極海の海氷が縮小し、「北極海航路」の商業運航の可能性に注目が集まっている。北極海航路には、大西洋と太平洋を、ロシア沿岸を通過して結ぶ「北東航路」とアラスカ・カナダの沿岸を通過して結ぶ「北西航路」があるが、注目を集めているのはもっぱら北東航路である（ロシアでは国内法において北東航路を北極海航路と呼んでおり、それに倣って「北極海航路＝北東航路」とされることが多い）。温暖化の影響が深刻になっているとはいえ、現在の北極海航路は、通年の航行はできず、夏季の 4 カ月程度のみ航行可能である。

北極海航路が注目される第一の理由は、東アジアと欧州を結ぶ航海において、現状のインド洋を航行する南回りの航路と比べて 3～4 割ほど距離が短縮されることにある。当然、距離が短くなれば所要日数も短くなる上、航海に必要な燃料も削減される。さらに、燃料の削減に伴い、温室効果ガスの排出量も削減される。第二の理由は、南回りの航路において海賊リスクが高まっているのに対し、北極海航路ではそのリスクが低い（ほぼない）ということである。海賊リスクの高い地域を通航する場合、割り増

しされた海上保険料を支払うことに伴い輸送コストが増大する。そして、第三の理由は、(北極海航路を利用した)北極海の資源の輸送にある。2008年に米国地質調査所が公表した北極圏の石油・天然ガス資源の埋蔵量に関する報告書によれば、北極圏には世界の未発見で技術的に採掘可能な資源の約22%があるとされており、これらの海底資源の開発に期待が寄せられている [4]。

国土交通省による LNG のスポット輸送に関するコスト分析試算結果 [5] によれば、ノルウェーのハンメルフェストから千葉県の袖ヶ浦までの輸送において、北極海航路を利用したほうが、スエズ運河ルートと比較して有利であり、カタールから日本への輸送コストと同程度であった。

実際、2017年に稼働したロシアのヤマル LNG プロジェクトでは、砕氷能力を有する LNG 船によって北極海航路を利用した輸送が行われている [3]。

3. 船舶 AIS データによる分析事例

1章で述べたように、エネルギー資源の海上輸送には輸送距離と輸送時間に不確実性が存在している。実際にどの程度の不確実性が存在しているのか、船舶 AIS データを用いて評価する。

3.1 船舶 AIS データとは

船舶 AIS (Automatic Identification System) は、自船の位置、速度、針路、目的地などの情報を地上の基地局や衛星を通じて運航管理者や他船に提供するシステムである。AIS で提供されるデータの項目は、(1)船舶の諸元など AIS 設置時に設定される項目、(2)目的地など航行中にオペレーターによって入力される項目、(3)現在地や船速などセンサーから取得される項目、の3つに分類することができる。そして、これらのデータの発信に関しては、ITU-R M.1371-5 という通信規約が定められている。データの発信間隔は、船速と針路変更中か否かで定められている上、発信を一定時間停止することも認められているため、後述するように船舶ごとの AIS データの時間間隔は不均一となる。

本研究で使用する AIS データは、Canada の exactEarth 社が提供しているものであり、対象期間は 2016 年の上半期、対象船舶は LNG 船、原油タンカーなど 2,300 隻である。データ件数は約 4,942 万件、データのサイズは 14.5GB である。船舶ごとに時系列にデータを並べ替え、データの時間間隔を算出してみると、前述した規約に従っていないことが明らかになった。この理由として、天候や地形など

の影響により船舶から衛星までの通信環境が不良となってデータが欠損したと考えられる。そのため、データを補間するあるいは正規化するなどの補正処理を行う必要がある。本研究では船舶ごとに 1 時間おきのデータとなるように補正処理を行った。ただし、データの間隔が 2 時間以上空いている場合において、データの補間処理は行っていないので、1 時間おきの完全なデータになっているというわけではない。図 3 に運航の様子を示す。

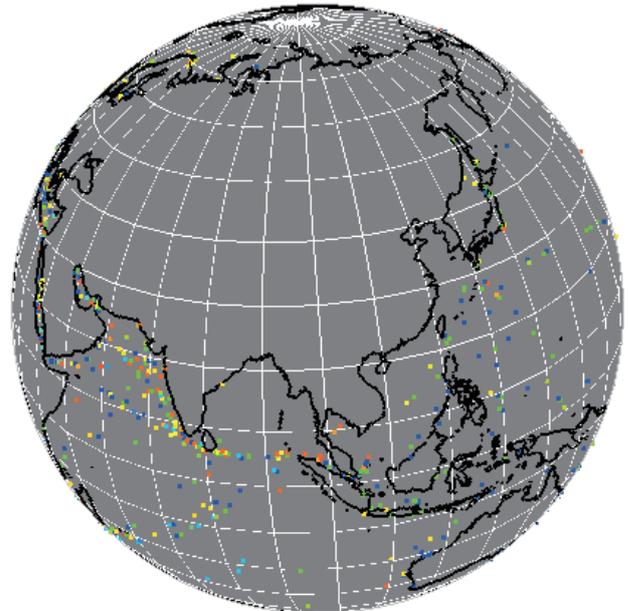


図 3：運航の様子

3.2 データベースの構築

エネルギー資源の輸送状況を把握するために、①船舶テーブル、②目的地テーブル、③航海テーブルの3つのテーブルを作成する。

(1) 船舶テーブルの作成

AIS データに含まれる船舶の諸元に関する項目を船舶ごとにまとめた船舶テーブルを作成する。船舶の諸元に関する項目は、AIS 発信器の設置時に設定されるので、ある船舶から発信される全レコードは同じ値であるはずだが、一致していないことも多い。そのため、諸元に関する全ての項目が同じレコードの件数をカウントし、船舶の ID ごとに最もレコード件数が多いパターンをその船舶の諸元とみなす処理を行う。

(2) 目的地テーブルの作成

AIS データに含まれている Destination は船員の手入力によって設定される (最大 20 文字)。そのため、同じ目的地であっても多様な表記がなされてい

る。例えば、米国カリフォルニア州にある Long Beach を目的地としている（と思われる）レコードにはさまざまなバリエーションが存在している。さらに、"LOMG BEACH, CA"のようにタイポと思われるものや、"US LGB"のように省略された表記も存在している。

また、"FREEPORT"のように、候補が複数存在（先の例では、米国とバハマに FREEPORT が存在）しているもの、"PACIFIC OCEAN"、"ASIA"などのように広範囲を指定しているもの、"FOR ORDER"、"ARMGUARD ON BOARD"などのように港や地域ではないもの、"#####"のように意味の無いもの、"%A 'W)Q'D"のように通信エラーを含んでいるものなどが存在しており、機械的に目的地を定めるのが困難なレコードが多く存在している。そのため、1件1件手作業での確認が必要になる。

(3) 航海テーブルの作成

船舶ごとに時系列に並べた AIS データを分割し、出港から着港までを1回の航海としてまとめる。LNG 船や原油タンカーでは片荷となることが多いことを踏まえ、AIS データの draught（喫水）を基準として、(1)draught が 1m 以上変化した、(2)draught が変化し、かつ前レコードから6時間以上経過している、のいずれかを満たした場合を航海の区切り（出港もしくは着港）とする。さらに船舶ごとに（AIS データ上の）最大 draught と最小 draught を求め、それらの中央値を算出する。そして、中央値を閾値として、閾値を上回る場合を "Load"、下回る場合を "Ballast" として、航海における積み荷の状態を推定する。

3.3 航路の分析事例

ここでは、同一の出港地と着港地をもつ航海を取り出し、その航路と航海状況を分析する。ここでは、出港地を米国カリフォルニア州にある Long Beach、着港地をエクアドルの Esmeraldas とする 16 の航海を取り上げる。図4に船速別にそれらの航路を示す。

航海距離が最短のものと同長のものを比較すると両者には 8.7%の差があることが明らかになった。また、最長航海時間の航海をみると、途中パナマ沖で8日間錨泊していたことがわかったが、その理由は不明である。航海時間が2番目に長い航海では同じくパナマ沖で7日間ドリフトしている様子がうかがえたが、やはりその理由は不明である。

以上をまとめると、同一の出港地と着港地をもつ航海においても、航海距離や航海時間には大きな差があり、輸送には不確実性があることが明らかになった。

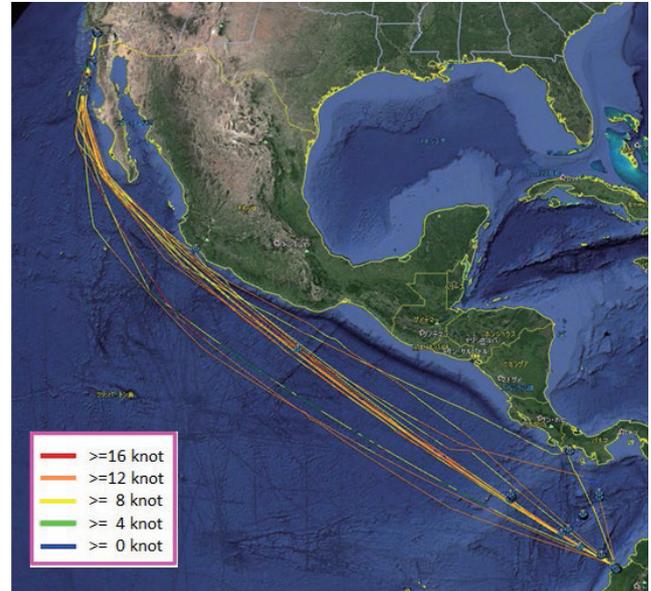


図4：航路の比較

4. おわりに

エネルギー資源の海上輸送にはさまざまな不確実性が存在しており、資源価格や需要量・供給量などと同様に統合的に取り扱う必要があることが明らかになった。また、近年では輸送需要のみならず、途中経路も含めた輸送に関するデータ整備が進んでおり、これらを活用することが重要である。

参考文献

1. 田中誠, 高嶋隆太, 鳥海重喜 (2018). 「エネルギー・リスクマネジメントの数理モデル」. 朝倉書店
2. アジア物流研究会 (2019). 「グローバル・ロジスティクス・ネットワーク～国境を越えて世界を流れる貨物～」. 成山堂書店
3. 稲田啓佑, 鳥海重喜, 高嶋隆太 (2017). “エネルギー資源の国際海上輸送におけるリスク評価”. 「日本エネルギー学会誌」, 96, 128-138, (DOI: 10.3775/jie.96.128)
4. 鳥海重喜 (2014). “注目集まる北極海航路”. 「国際開発ジャーナル」, 2014年5月号, 36-37
5. 国土交通省 (2013). 「北極海航路の利活用に関する調査検討業務調査検討報告書」

人口減少時代のビジネスモデルと 事業ポートフォリオ戦略

長谷川 直和

(ダイドーグループホールディングス株式会社
執行役員 コーポレートコミュニケーション部長)

1. DyDo グループについて

当社は、2017年に持株会社体制に移行した。現在では、国内飲料事業、海外飲料事業、医薬品関連事業、食品事業の4つの事業セグメントを有しており、いずれも特徴のあるビジネスを展開している。国内飲料事業の「ダイドードリンコ」は、自社工場を持たないファブレス体制をとっているが、一方で、医薬品関連事業の「大同薬品工業」は自社ブランドを持たない受託製造特化型の企業である。また、食品事業の「たらみ」は、フルーツゼリーに特化、海外飲料事業の中心はトルコであるが、現地に進出している日本の飲料メーカーは当社だけである。特定の分野に強みを有しているのが、当社グループの大きな特徴だと言える。

2014年に現在の社長である高松富也が当時37歳の若さで就任した。従来は大きなリスクをとらない安定志向の経営であったが、新社長の就任を機に当社の経営方針は大きく転換した。若い社長のリーダーシップのもと、「グループ理念・グループビジョン」を新たに制定し、人口減少時代に適合したビジネスモデルへの変革と事業ポートフォリオ戦略にチャレンジしている。

2. グループの変遷と国内飲料事業のビジネスモデル

当社グループのコアビジネスは、ダイドードリンコが担う自販機を通じた飲料販売事業だが、当社の歴史は、現社長の祖父にあたる創業者が手掛けた「医薬品配置販売業」からはじまっている。「医薬品配置販売業」とは、ご家庭や事業所に救急箱を配置し、常備薬を必要なときに使っていただき、後日、代金を回収するビジネスである。この仕組みは、お客さまにとって身近な場所に自販機を設置し、必要なときに、いつでもお好きな飲み物を購入していただける自販機を通じた飲料販売の仕組みと同じビジネスモデルだと言える。

2.1 自販機の普及とともに成長

当社グループにとって大きな成長機会となったのは、1970年ごろに、日本に缶コーヒーとHOTでもCOLDでも販売できる自販機が誕生したことがあげられる。日本の高度成長期という時代の波に乗って、缶コーヒーと自販機は全国に広く普及し、当社も大きく成長した。その後、2010年頃には、日本における自販機の普及台数も頭打ちとなり、当社の売上高も横ばいの推移となっている。いわば、当社は日本国内における自販機の普及の歴史とともに歩んできた企業だと言える。

2.2 国内飲料事業のビジネスモデル

現在では、自販機を通じた販売が国内飲料事業の売上高の80%以上、商品別ではコーヒーが50%以上を占めるなど、いずれも業界平均を大きく上回るものとなっている。この数字だけに着目すると、特定の分野だけに強みのある飲料メーカーと理解されがちであるが、ビジネスモデルという観点で捉えると、当社は他の飲料ブランドメーカーとは全く違う特徴を有している。当社のビジネスは、まず先に販売ネットワークを構築し、そこに自社で企画した商品を流通させる、いわばSPAのような製造小売業のビジネスモデルだと考えている。当社の国内飲料事業は、自社工場を持たないファブレス体制をとっており、経営資源を商品の企画開発や自販機オペレーションといったお客さまと直接かかわる分野に集中している。また、この仕組みは、財務面のメリットも大きい。自販機は現金回収主体であるのに対し、仕入れは協力工場への掛払いであるため、運転資本は常に小さく、安定的にキャッシュフローを生み出すことができる。この仕組みが当社の良好な財務基盤の構築につながっている。自販機を主要販路とし、協力工場に製造委託した商品を販売するという独自のビジネスモデルは、創業時から受け継がれる「お客さまの一番近い場所」で、「お客さまの求めるものを販

売する」という考え方に根差したものであり、時代が変わっても新たな価値を生み出すことができる当社グループの強みだと考えている。

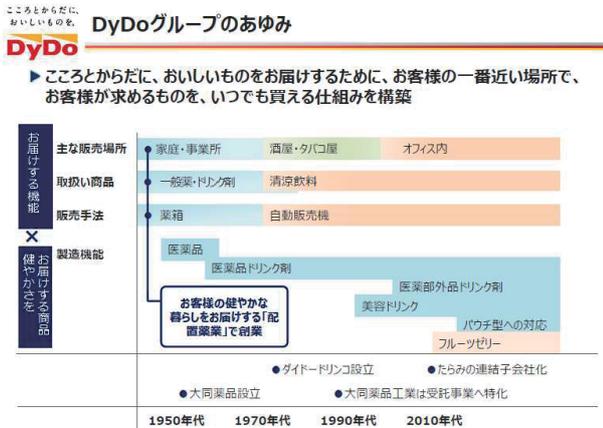


図1 DyDoグループの歩み、 出所：講演資料より

3. グループミッション2030

当社グループは、日本国内の経済成長や自販機の普及によって成長してきたが、外部環境は大きく変化している。日本国内はすでに人口減少時代に突入しており、少子高齢化が同時進行している。このような人口動態の変化は、当社がこれまで培ってきたビジネスモデルに大きな影響を与えるものとなる。

この変化に柔軟に対応し、DyDoグループとして持続的な成長を実現するために2030年の当社グループのありたい姿を示す「グループミッション2030」を策定した。



図2 グループミッション2030, 出所：講演資料

3.1 外部環境の変化

人口動態推移に基づく将来推計によると、日本国内の高齢化率は、今後さらなる上昇が見込まれており、2030年頃には30%を超えて、3人に1人が65歳以上になると予測されている。日本国内の飲料市場は成熟状態にあり、生産人口の減少による需要の減少の可能性が指摘されている。現在の清涼飲料市

場は低成長となっており、コンビニエンスストアや量販店などの棚を確保するために大きなマーケティングコストを投入する必要がある、この傾向がさらに加速することも想定される。

また、日本国内の自販機市場は飽和状態であり、近年は労働力不足を背景として総台数は、すでに減少に転じている。一方、小売業においては、店舗・商圏の小型化が進行しており、「より身近で」「利便性の高い商品」が求められる傾向にある。

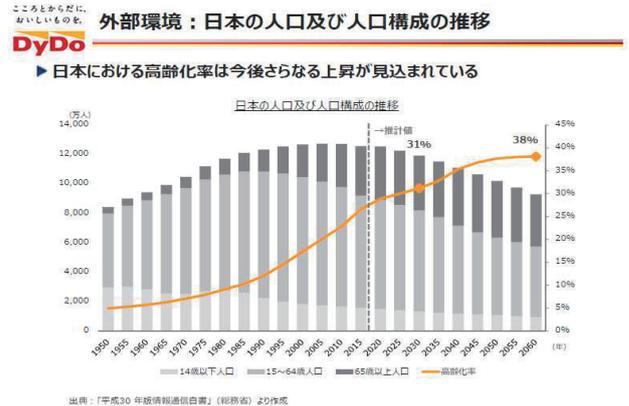


図3 外部環境：日本の人口及び人口構成の推移、 出所：講演資料より

3.2 健康寿命の延伸への貢献

このような時代の変化は、当社グループのビジネスを大きく変えていくチャンスでもある。不確実性の高い時代において持続的成長を実現するためには、目の前の延長で物事を考えるのではなく、2030年のありたい姿を定め、バックキャストの発想で取り組むべき戦略を推進していく必要がある。

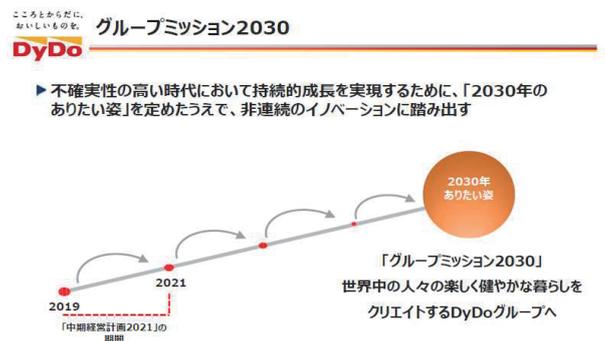


図4 グループミッション2030, 出所：講演資料より

「グループミッション2030」は、今後の人口動態の変化を踏まえ、消費者の高齢化率が高まることを背景として生まれてくるニーズに対応することによ

って健康寿命の延伸に貢献し、人々の楽しく健やかな暮らしのお役に立っていくことが DyDo グループの使命だと定めている。

その使命を果たしていくためには、現在の「缶コーヒー」と「自販機」を中心とした姿とは、大きく異なる姿へとグループのビジネスを変貌させていかなければならない。

3.3 DyDo グループの SWOT

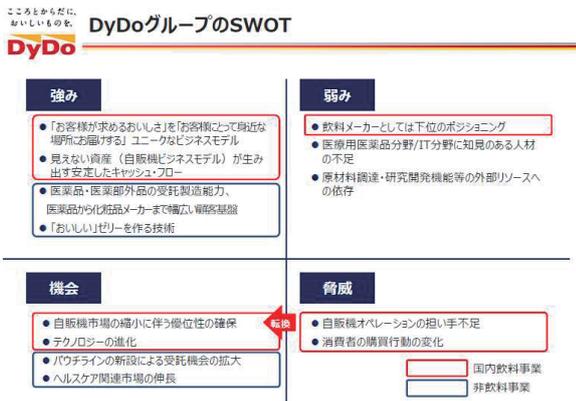
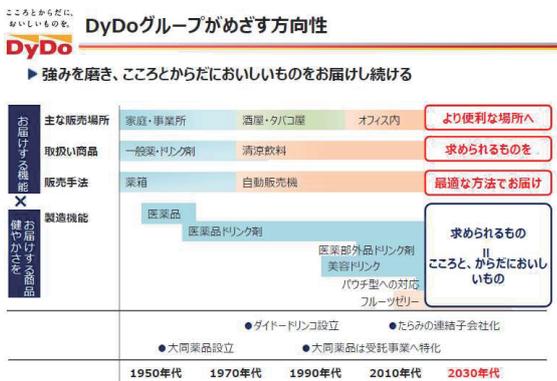


図 5 DyDo グループの SWOT, 出所：講演資料より

当社グループの大きな強みは、前述の「お客さまの一番近い場所」で、「お客さまの求めるものを販売する」というビジネスモデルである。将来においても、このビジネスモデルに磨きをかけ、お客さまに利便性をお届けすることに大きなビジネスチャンスがあり、当社の果たすべき役割である。労働力不足の時代に対応し「お届けする機能」をより強くするとともに、「お客さまの求める商品を生み出す機能」を高めていくことが、当社グループの目指すべき方向性だと考えている。



3.4 事業ポートフォリオの基本方針

当社グループは、2030 年のありたい姿を示す「グループミッション 2030」において、事業ポートフォリオの基本方針を定めている。

「国内飲料事業のイノベーション」「海外での事業展開の拡大」「非飲料事業での第2の柱を構築」の3つのテーマに取り組むことにより、競争優位性の高いビジネスモデルを構築し、成長性・収益性・効率性の高い事業ポートフォリオの形成をめざしている。

具体的には、2030 年までの期間を「基盤強化・投資ステージ」「成長ステージ」「飛躍ステージ」の3つに区分したロードマップを描いており、2019 年からスタートした「中期経営計画 2021」では、一時的には減益となるが、持続的成長の実現に向けた先行投資を行うこととしている。

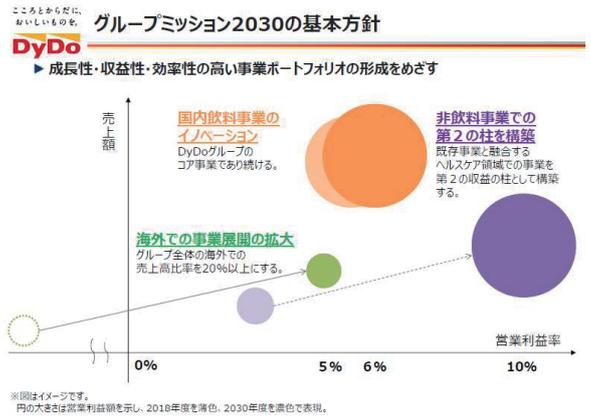


図 6 グループミッション 2030 の基本方針, 出所：講演資料より

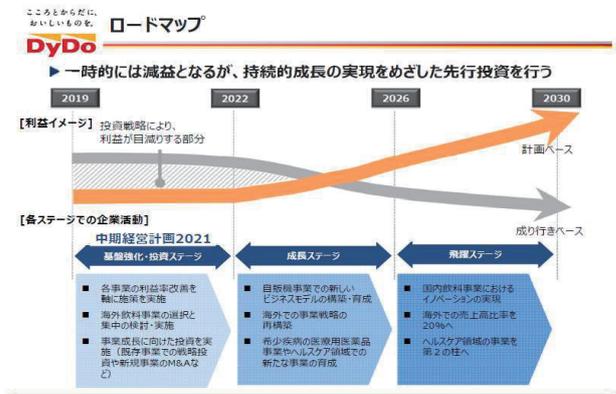


図 7 ロードマップ、出所：講演資料より

4. 持続可能なビジネスモデルの構築に向けて

人口動態の変化をはじめとする外部環境の変化（機会・脅威）に対応するため、当社グループの強みを活かす「投資戦略」を通じて、持続可能なビジネスモデルを構築していく。

「中期経営計画 2021」における投資戦略のポイントは4点ある。ひとつは、テクノロジーを活用して、労働力不足の時代に対応していくことを目的とした「スマートオペレーション体制の確立」。これは、縮

小する自販機市場の中で、より効率的な仕組みを作りあげることによって、これを強みとしていくことをめざした投資である。そして、残りの3点は、いずれも既存事業と融合するヘルスケア領域で第2の柱を構築することを目的としたもので、「医薬品関連事業における製造可能剤型の拡大」「ヘルスケア領域における企業の合併・買収(M&A)投資」「希少疾病の医療用医薬品事業の立ち上げへの投資」である。

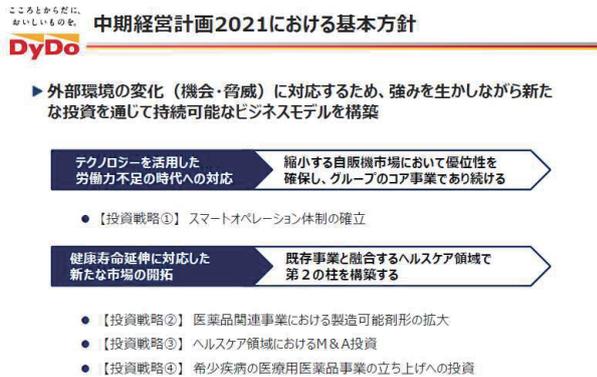


図 8 中期経営計画 2021 における基本方針、
出所：講演資料より

投資枠としては、成長投資や M&A などの投資戦略として、3年間で最大 450 億円を想定しており、既存事業から創出される営業キャッシュフローは、各事業へ再投資するとともに、バランスシートにある余剰資金（360 億円程度）をもって、新規事業へ投資していくことを計画している。



図 9 中期経営計画 2021 投資戦略、
出所：講演資料より

4.1 国内飲料事業のイノベーション

当社は、今後さらに進化するテクノロジーを活用し、時代に合った仕組みへと進化することによって、

自販機をもっと人々の毎日の生活のお役に立つものへと変革していきたいと考えている。そのための投資として、1台1台の自販機の販売データをタイムリーに把握できるように、自販機に通信機器の取り付けを進めている。このことにより、自販機への商品補充の効率化や品ぞろえの最適化などの効果を見込んでいる。現在は、投資効果の実現に向けて、販売データを活用して、現場の仕事の手順を大きく変えていくことにチャレンジしている。

さらに、将来のビジネスにつなげていくために、オフィスコンビニを展開するスタートアップ企業への投資も行っている。今後は、彼らの持つキャッシュレスやデータ分析などの機能や知見と当社の事業やノウハウと融合させながら、「お客さまの一番近い場所」で、「お客さまの求めるものを販売する」というビジネスモデルの強化を図っていきたい。

4.2 海外事業での事業展開の拡大

海外事業については、前回の中期経営計画で投資をした分野で、トルコでの飲料事業が大きなウェイトを占めている。トルコに進出した理由は、若年層人口の構成比が厚く、将来の大幅な人口増とともに、清涼飲料の市場も大きく成長していくことが期待されることにある。

2016年に現地の飲料メーカーを M&A によって子会社化して以来、トルコ飲料事業は極めて高い成長を続けている。一方で、同時期に進出したマレーシア飲料事業は、合併を解消して事業の再構築を図ることとなった。この成否を分けたものは、買収した企業の有するブランド認知度と当社主導での PMI（ポスト・マージャー・インテグレーション）の実施による要因が大きいと考えており、今後の海外飲料事業の拡大に向けて大きな学びを得るものとなっている。

4.3 非飲料事業で第2の柱を構築

非飲料事業での第2の柱の構築に向けて、現在は、指定医薬部外品のドリンク剤等の受託製造事業を営む大同薬品工業への設備投資を積極化している。

現在の奈良工場には、約 20 億円を投じて医薬部外品のパウチゼリーを受託製造できるラインを新設（2019年9月竣工、2020年2月本稼働）するとともに、約 60 億円を投じて群馬県に関東工場を新設（2019年10月竣工、2020年5月本稼働）した。

投資の目的は、製造キャパシティの拡大のみならず、顧客企業・当社双方の BCP 対策や配送費の低減、医薬部外品ゼリー市場拡大に向けた対応など、将来に向けた競争力の強化につなげることである。

今後ターゲットとする M&A に関しても、大同薬品工業とシナジーのある受託製造業への投資によって、現在のドリンク剤・パウチゼリーに加えて、例えば錠剤やカプセルなど、製造可能な剤型の多様化を進めていくことが有効だと考えている。将来にわたって、健康に対するニーズが高まる中で、販売競争はさらに激化していくことが想定されるが、医薬品の製造認可が必要な受託製造業には、一定の参入障壁があり、適正なマージンを確保することが可能だと考えている。

本格的な健康長寿社会の到来により、ヘルスケア関連市場は確実に成長していく。当社グループの持つ強みと M&A などによって獲得する事業の強みとを融合させることによって、飲料・食品・医薬品の業態の垣根を越えた新たな市場の創造にチャレンジしていきたい。

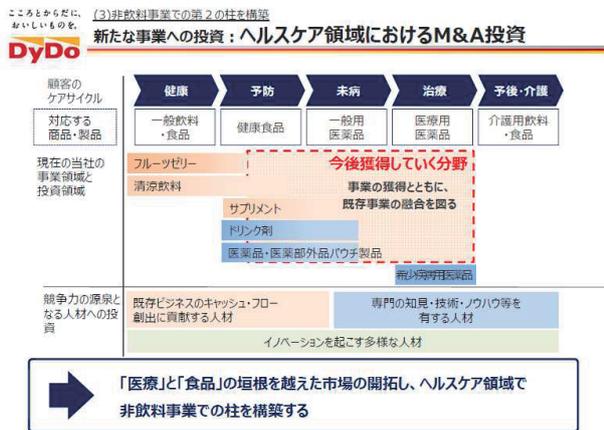


図 10 ヘルスケア領域における M&A 投資、
出所：講演資料より

また、2019 年 1 月には、希少疾病の医療用医薬品事業に参入すべくダイドファーマ株式会社を設立した。希少疾病用医薬品は、疾患人口規模が小さいことから、いまだに十分な開発が行われず、有効な治療薬が存在しない疾患も多数存在し、社会的な課題となっている。当社グループによる希少疾病の医療用医薬品事業への参入は、この社会的課題の解決に貢献するものであり、「医薬」に対する知見を得ることは、新たな製品を生み出す原動力にもなると思われる。この事業は、ニッチな領域への特化と外部リソースの活用した「持たざる経営」によりリスクを回避しつつ、長期的な収益化をめざしている。

4.4 グループ行動規範の制定

これまでの「缶コーヒー」と「自販機」を中心としたグループの姿から、グループ全体の事業ポートフォリオを大きく変えていくために、最も重要な投資戦略は「人材投資」だと考えている。

既存事業の効率化を実現するのも人材なら、グループ内にノウハウのない新たな事業領域を開拓していくのも人材である。イノベーションの起点となるものは、すべて人材だと考えている。



図 11 希少疾病の医療用医薬品市場への参入、
出所：講演資料より

当社グループは、「グループミッション 2030」の策定とあわせて、「グループ行動規範」を新たに制定した。

時代の変化とともにビジネスのあり方が変わっていく過程において、グループ全体の方向性を統一するためのよりどころとなるものは、「グループ理念」であり、その理念に基づいた「グループ行動規範」に従業員全員が理解し、実践につなげていくことが大切だと考えている。

今後の事業展開においても「グループ理念」にある「人と、社会と、共に喜び。共に栄える。その実現のために DyDo グループは、ダイナミックにチャレンジを続ける。」の精神のもと、人口減少時代においても持続的に成長する企業グループをめざしていく。

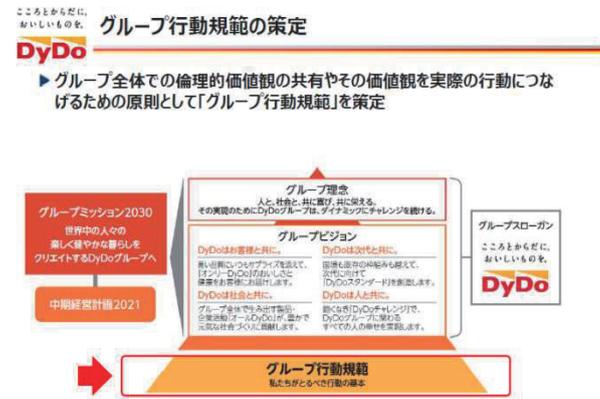


図 12 グループ行動規範の策定、
出所：講演資料より

AI vs. 人間という二項対立への疑問

～翻訳会社の立場から～

二宮 俊一郎

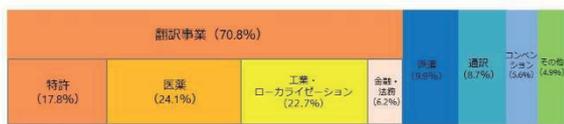
(株式会社翻訳センター 代表取締役社長)

1. はじめに

1986 年創業の当社は、連結売上高が 100 億円を超え、翻訳業界では主要企業の一社である。通訳やコンベンションなど多様な外国語サービスを提供しているが、コアビジネスは翻訳であり、売り上げ構成比は 70%を超える。約 3 千名のフリーランスの登録翻訳者を組織化し、80 以上の言語に対応しており、ほぼ全て「人手」で翻訳している。

事業別売上高構成比

2019年3月期 事業別売上高構成比



Copyright © HonYaku Center Inc. All Rights Reserved.

HONYAKU CENTER

図 1 事業別売上高構成比、出所：講演資料より

一方、昨今ではいわゆる“AI”の発展が著しく、機械翻訳（MT: Machine Translation）もそのひとつとして注目されている。とりわけ、ニューラルネットワークを活用した機械翻訳（NMT: Neural Machine Translation）では飛躍的な性能向上がみられ、実用化レベルになった。

このような背景から、当社事業（人手翻訳）の将来性に対する疑問の声が寄せられるようになってきた。しかしこれらへの見解には、「AI 実用化＝自動化＝人間不要」という AI に対する過剰な信頼が根底にあるように思われる。筆者は、ニューラルネット

ワークは統計学の推計技術のひとつであるため、それが導き出した答えを 100%保証することはできないと考えている。NMT においても、その翻訳文の精度がいかにあがろうとも、100%を保証できるものではない。

一方、高精度な AI 技術、NMT は間違いなく人間の生産性向上に寄与する。つまり、AI は人間が使用する道具として有効なものであり、AI 対人間という二項対立の思考枠組みをこそ疑ってみる必要がある。

当社の事業戦略の骨格は「NMT を中核に据えた人手翻訳」である。人間が NMT を使いこなしていくことで競争力向上を狙っている。当社戦略を紹介させていただくことによって、AI 対人間という図式を捉え直す機会となれば幸いである。

2. 翻訳工程の生産性向上

当社の事業戦略のひとつは、NMT を活用した翻訳工程の生産性向上である。

2.1 翻訳者はもういない？

NMT の出現により巷では、「もう翻訳者はいなくなるのではないかと」か、「もう一生懸命英語の勉強をする必要はない」という声が聞こえるようになってきた。繰り返しになるが、これは性急すぎる見解である。NMT が正答率 100%を保証できない限り、翻訳文を他者に提示する前には、人間が最終校正を行う必要がある。実際に、この校正作業を省略してしまったがために、誤訳のまま翻訳文を開示してしまい、後日訂正を強いられた例はいくつか報道された。それでも、「ニューラルネットワーク＝AI＝ロボット＝正確」というイメージの強い巷では、NMT への完璧性を求める声は強い。

逆に翻訳業界においては、「人間の翻訳の複雑性を機械が再現できるわけがない。機械はしよせん機械

でしかない。MT と人間の翻訳は全く別物だ」という見解も依然として多い。

上記の二種類の見解を「AI 対人間」という二項対立で捉えると、非常に分かりやすい図式となる。しかしわれわれは分かりやすい図式にはまってしまうことなく、人手翻訳の主要企業として、MT の活用方法を探求し続けてきた。その結果、MT を活用すれば人手翻訳の生産性を約 25%向上させることができると分かった。

2.2 機械翻訳 (MT) 開発パートナー

機械翻訳を戦略の中核に据える当社にとって、開発会社は非常に重要なパートナーである。MT を開発できる企業はグローバルでは比較的多くあるが、その多くは日本語の処理が弱い。日本国内開発企業は数社あるが、当社は (株) みらい翻訳と提携している。道具として MT を使う以上、その性能がダイレクトに生産性に影響してくる。翻訳のプロフェッショナルであるわれわれの MT に対する要求水準は非常に高い。この要求水準を満たし得ると判断したのが (株) みらい翻訳の提供する「Mirai Translator™」である。



図 2 ファイル翻訳、出所：講演資料より

2.3 機械翻訳 (MT) の歴史と特徴

現在ニューラルネットワークによる性能向上で注目されている MT であるが、実はその歴史は古い。

MT は 1970 年代から開発が始まった。当時の MT は「ルールベース」という開発手法をとっていた。つまり、文法というルールをひとつずつ人間がプログラムとして登録し、機械はそのルールに基づいて原文を構文解析して訳出する。ルールベースのメリットは、カスタマイズがしやすいことと、訳抜け (翻訳の漏れ) が発生しないことである。デメリットは、翻訳文の意味が伝わりにくい点である。長めの英文を翻訳させると、「何を言っているのか分からない」

というレベルになってしまうこともしばしばおこる。

ルールベース機械翻訳 (RBMT: Rules-Based Machine Translation) のデメリットを克服するべく、1990 年代から統計的機械翻訳 (SMT: Statistical Base Machine Translation) が出てきた。これは、人間によって作成された対訳データ (原文言語と訳文言語のペア) を学習データ (翻訳コーパス) として使用し、統計技術を用いて学習する手法だ。SMT は、学習させているコーパスデータは人間が翻訳しているものであり、RBMT に比べれば意味の通りやすい自然な翻訳文が生成されるようになった。ところが逆に、RBMT では発生しなかった訳抜けが発生するようになってしまった。

そして 2016 年にニューラルネットワークを活用した機械翻訳 (NMT) が登場した。NMT は翻訳文の流ちょう性、意味の通りやすさにおいて、SMT よりも格段に進歩した。だが一方でデメリットもある。ひとつは、学習データ (翻訳コーパス) が大量に必要な点である。もうひとつは、ニューラルネットワークも統計技術の一種であるため、SMT 同様、訳抜けが発生する点である。

2.4 NMT に特徴的なエラー

MT は時代の進歩とともに、RBMT から SMT、SMT から NMT と性能向上してきた。特に、SMT から NMT への性能向上は飛躍的なものである。ただ、その NMT にしてもエラーは発生するため人間が対応しなければならない。以下に NMT に特徴的なエラーをいくつか記す。

< 訳語のブレ >

翻訳、とりわけビジネス文書の場合には、同じ日本語は同じ英語に翻訳しなければならない。例えば、「装置」という日本語に対して、“device”と訳してもいいし“equipment”と訳してもいい。だが、日本語ベースで同じものを表現しているのなら、“device”か“equipment”のどちらかに統一しなければならない。NMT は一文ずつを処理しており、前後の文章を参照してはいないので、MT 上で用語統一課題を解決するのは難しい。ドキュメントとして完成させるには人間が NMT の排出した文章を修正していかなければならない。

< 長文が苦手 >

短文ならば非常に優れた翻訳文を生成する NMT であるが、長文になると急に訳質が落ちる。これは学習データ (翻訳コーパス) に長文が少ないことが原因のひとつなので、長文を大量に学習させれば改善効果はでてくるのだが、コーパスデータの収集コストと学習コストが跳ね上がってしまう。これらの

コストがかけられない場合は、翻訳対象となる原文を二文に区切ってから NMT にかけてしまう。そうすればきれいな翻訳文が二文できあがる。長過ぎる原文を二つの翻訳文に分割するのは人間翻訳でもよくやるテクニックである。これに似た例でいえば、主語のない日本語を MT にかけるときには、主語を明記してから翻訳すると訳質が向上する。

<訳抜け・湧き出し>

NMT では原文にある単語が翻訳されない、つまり、伝えるべき情報が伝えきれない「訳抜け」という現象が起こる。これは文法ルールをプログラムとして処理していた RBMT では発生しなかった課題である。しかも NMT の翻訳文は非常に流暢なため、訳抜けがあっても何となく意味が通じてしまうことが多い。そのため、訳抜けに気付かないまま、つまり、原文の意図の一部を欠いたまま読み進んでしまうことになる。原文の「概要」を理解したい場合などは、これでも十分であろう。しかし、契約書などの正式文書の場合には訳抜けは許容されない。正式文書として MT の翻訳文を使用する場合には、人間が原文と翻訳文を一文一語、照合しながら確認する必要がある。

訳抜けと逆に「湧き出し」という事象も発生する。原文に存在しない言葉が翻訳文にでてくるのである。例えば、英語では“this agreement”としか表現していないのに、日本語では「本売買契約」と契約内容を特定して翻訳してしまうような事例である。

NMT をうまく使いこなしていくには、上記のようなエラーの特徴を理解しておくことが有効である。外国語論文や記事の概要を把握する場合には、NMT を使って日本語で概要を理解してしまったほうが早いし、楽である。だが、正式な文書として提出する場合、例えば契約書や特許明細書、医薬品申請資料、株主総会招集通知、各種マニュアル、等々の翻訳においては、原文と翻訳文を逐語的にチェックし修正してからでなければ使えない。仮に NMT の性能がさらに飛躍的に進歩して、修正する箇所がほとんどなくなったとしても人間によるチェックは必要である。なぜなら統計技術を応用している NMT は、100% の品質保証ができないからである。

2.5 人手翻訳工程の転換

当社は上記のような NMT の課題点は十分に認識した上で、人手翻訳を効率化させるための道具として NMT を位置づけている。そして、NMT が人手翻訳にせまる転換と効率化は決して小さなものではないと予想している。

従来の翻訳作業工程は、下のスライドの通り、原

稿を翻訳者が翻訳し、さらに別の人間が校正作業を行っている。

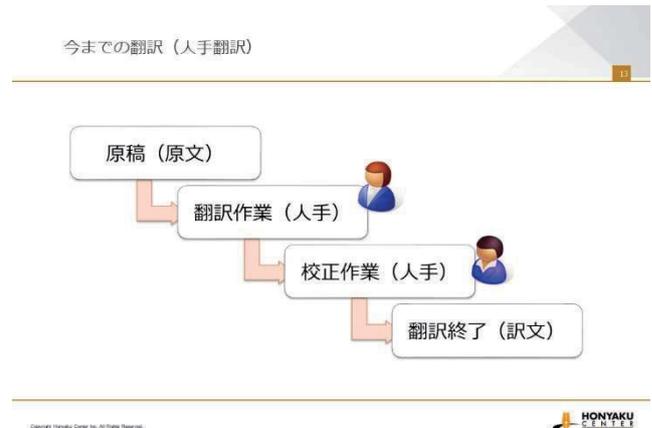


図 3 今までの翻訳、 出所：講演資料より

今後は下のスライドにあるように、この最初の翻訳作業を NMT に代替させて、翻訳者が修正作業を行う。翻訳業界ではこの修正作業をポストエディット（後編集）と呼んでいる。作業内容としては、先に記した NMT に特徴的な誤りがある部分はもちろん、特許や医学、金融、産業技術などの専門知識を活かした用語や表現の修正も行う。出来上がる翻訳文は、従来工程とかわらない品質水準を確保する。要するに、NMT の翻訳文を下訳として活用するのである。

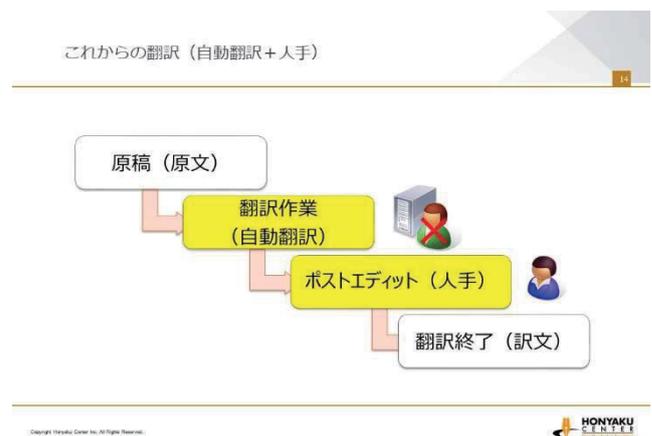


図 4 これからの翻訳（自動翻訳 + 人手）、 出所：講演資料より

さらにポストエディットにおいては、単純に NMT の翻訳文を使用するわけではない。マニュアルなどのビジネスドキュメントは、初版、第二版と版を重ねていくものも多い。第二版以降の翻訳において、原文が旧版の表現を再利用している場合には、翻訳

文も新規に翻訳し直さずに旧版表現を踏襲しなければならない。NMTに全て処理させてしまうと、全ての文が新規翻訳になってしまい、旧版の表現を正確に踏襲することができない。そこで、プロの翻訳者がNMTを使用するときには、翻訳支援ツール（下のスライド参照）を作業プラットフォームとして使用する。このプラットフォーム上では、旧版の原文・翻訳文、指定用語、NMTの翻訳文、旧版と新版の表現一致率などの情報が管理されており、翻訳者はこれらの情報をもとに最適な翻訳文を作成していく。

プロ用翻訳支援ツール



図5 プロ用翻訳支援ツール、
出所：講演資料より

2.6 NMTの活用による生産性向上

このようにプロの翻訳者は単純にNMTを修正しているだけではないのだが、それでもNMTを活用すれば生産性は向上する。当社が実験・実践した結果では、生産性は約25%向上する。NMTの性能があがれば、さらなる効率化も可能だろう。

NMT活用による生産性向上

翻訳工程に機械翻訳を取り入れることで、翻訳作業時間の短縮を実現

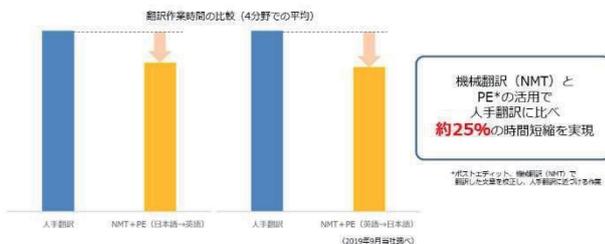


図6 NMT活用による生産性向上、
出所：講演資料より

このようなNMTの活用による生産性向上が当社の事業戦略のひとつである。

3. 機械翻訳導入顧客における顧客内シェア拡大

もうひとつの事業戦略は、NMTのマーケティング面での活用である。当社は（株）みらい翻訳の販売代理店として「Mirai Translator™」を販売している。人手翻訳の会社がMTを販売すると、カニバリゼーション（自社の商品が自社の他の商品を侵食する共食い現象）が発生すると思われることだろう。確かに、概要把握目的の翻訳や少量翻訳はカニバリゼーションが発生するし、NMTで処理してしまったほうが顧客にとっても効率的である。しかし上に述べたとおり、大量なNMTの翻訳文を正式なドキュメントとしてポストエディットしていくには相応の時間とノウハウが必要になる。よってこの領域は依然としてプロ翻訳者の領域として残り続ける。当社の狙いは、NMTを販売することによって、このプロの作業領域の顧客内シェアを高めることにある。

3.1 NMT性能向上

NMTに関して多い誤解のひとつは性能向上の仕組みについてである。いわく、「NMTはAIなのだから、使っていれば勝手に賢くなっていくのでは？」というものだ。当然ながら、「勝手に」には賢くならない。外部から教師データを供給し続けなければ性能向上しない。AIという言葉の曖昧さがもたらす弊害であろう。

NMTの教師データとは翻訳コーパス、つまり原文と翻訳文が一文ずつ対になったデータである。そして、この翻訳文は「人間の翻訳」でなければならない。NMTが排出しただけの翻訳文を学習させても、翻訳文の誤りが修正されていない以上、学習効果がないのは当然であろう。正しい翻訳文をデータとして与えればますます賢くなるが、「勝手に」には賢くならないのである。つまり、NMTを性能向上させるには、人間が翻訳した文章が必須なのである。

3.2 翻訳コーパスのエコシステム

人間が翻訳したデータ、しかも日本語と英語が一文ずつペアになったデータ、つまり翻訳コーパスはどこにあるのか。通常、企業のなかでコーパスとして管理されている例はまれである。翻訳した英語だけはきちんと管理されていても原文の日本語がない、というのはよくあることである。英語と日本語がきちんと管理されていたとしても、それぞれが別のフ

ファイルとして管理されているのであり、それぞれ一文ずつペアにされているケースはまれであろう。もちろん原文と翻訳文があれば、事後的にコーパス化することは可能だが相応のコストがかかる。コストと性能向上というプロフィットのバランスを検討しなければならない。

では、コーパスデータはどこにあるのか。実は翻訳会社のなかにある。既に述べたとおり、プロの翻訳者は翻訳支援ツールをプラットフォームとして利用している。翻訳支援ツールを使えば、原文と翻訳文は一文ずつペアにされた状態で自動的に保管される。このデータを翻訳コーパスに加工するには、それほどコストはかからない。

3.3 インセンティブとしてのエコシステム

企業が NMT の性能向上までも視野にいれるのならば、NMT の調達先と人手翻訳の発注先が共に連携しているのがメリットになる。NMT の追加学習・再学習とそのためのデータ管理を一貫して行う、データのエコシステムを形成できるからだ。そして、学習データ(翻訳コーパス)の量が多ければ多い程、NMT の性能は向上する。ならば、顧客企業は NMT の販売店である当社に人手翻訳を集中させたほうが購入した NMT の性能が上がるのである。これは NMT を販売する翻訳会社にしか提供できない価値である。

この価値を提供できる翻訳会社がシェアを拡大できるポジションにつくと予想している。



図 7 機械翻訳導入顧客における顧客内シェア拡大、
出所：講演資料より

4. おわりにー将来の翻訳市場

ここまで述べてきたとおり、NMT は人手翻訳をコアビジネスに据える当社にとっては、大きな変革をもたらすツールである。

変革のひとつが作業工程の変革であり、その効果は大きい。効果が大きいだけに、普及当初は「効率化」というポジティブな面が強調されるが、完全に普及してくれば、「販売価格の下落」というネガティブな面が時間差で出てくるだろう。少数のプレーヤーが効率化を実現している間は、その効率化の利得はプレーヤー内部に留保されるが、プレーヤーの数が増えれば、利得は「値引き」という形で顧客に引き渡されることになるだろう。

翻訳業界にとって「値引き」は、翻訳市場の縮小を意味する。「1ワード単価×処理ワード数」が市場規模であり、業界全体でワード単価が下がれば市場縮小につながる。もちろん、「値下げが市場ニーズを刺激して処理ワード数が増加する」という予想をされる方もあろうが、ネガティブな予想に立っておくほうがリスク対応しやすい。

では、翻訳市場はどの程度縮小するのだろうか。現在 25%程度の効率化は見えているので、この程度の縮小は予見できる。そして、NMT の性能向上に合わせて、効率化・縮小の程度はひろがっていくだろう。だが、私は NMT の性能がどこまで進んでも、50%程度で縮小がとまると見ている。なぜなら、NMT が 100%の品質保証をできない以上、先に述べたポストエディットの作業は必須なものとして残り続け、この作業コストが現在の翻訳作業の 50%程度はかかると考えるからだ。

当社はこのような市場縮小が予想される業界において、NMT を販売することによるさらなるシェア拡大を目指している。

JAROS2019 研究発表大会<チュートリアルセッション>

Python パッケージを用いた数理最適化の実践

小林 和博

(青山学院大学理工学部)

1. はじめに

数理最適化問題を、コンピュータを用いて解くには、問題例の入力データを効率よく作成するモデリング言語と、その問題例の最適解を効率よく計算できるソルバをあわせて用いると便利である。Python 言語では、人間の読みやすい形式で問題例を表現できるモデリング言語と、最適解を効率よく計算できるソルバを、パッケージとして簡単に利用することができる。このチュートリアルでは、基本的な数理最適化問題を Python 言語のパッケージを用いて解く方法を述べる。

2. なぜ Python か？

Python は、最近よく用いられているコンピュータ言語である。キーワードが少ない、変数の宣言がいらない、タブなどの使い方が決められているため読みやすい、などの特徴がある。その中でも、様々な便利なパッケージが容易に利用可能である、という点が、利用者を増やしている最も大きな理由と考えられる。例えば、重力から解き放たれるには、

```
import antigravity
```

と打てばよい¹。

また、コンパイルの必要がなく（してもよい）、多くのプラットフォームで動く。パッケージのインストールも楽に行うことができる。パッケージの管理には pip というパッケージ管理ツールを用いると便利である。例えば、PuLP というパッケージをインストールしたければ、コマンドラインで

```
$pip install pulp
```

を実行すればよい。こうすると、依存関係をチェックした上で必要なパッケージとあわせて PuLP をインストールすることができる。

3. 数理最適化問題

数理最適化とは、解決したい問題を、数式を用いて表現し、それに対して様々な計算を行うことで最適な決定を見出す方法論のことを指す。一般の数理最適化問題は、次のように表される。

$$\text{最小化 } f(x) \quad \text{制約 } x \in S. \quad (1)$$

ここで、 $f(x)$ のことを目的関数、 S のことを実行可能領域とよぶ。

数理最適化問題は、用いられる数式のタイプによって様々なクラスに分類される。

4. 線形計画モデルの作成

最もよく用いられる数理最適化問題が、線形最適化問題（線形計画問題）である。これは、目的関数 $f(x)$ が線形関数で表され、かつ、実行可能領域 S が線形式で表されたもののことを指す。次に示すのは、線形最適化問題の例である。

$$\begin{aligned} \text{最小化 } & 2x_1 + 3x_2 \\ \text{制約 } & 3x_1 + 4x_2 \geq 1, \\ & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

ここでは、 $S = \{(x_1, x_2) : 3x_1 + 4x_2 \geq 1, x_1 \geq 0, x_2 \geq 0\}$ であり、 S は線形不等式の共通部分で表されている。

4.1 線形最適化パッケージ PuLP

Python を用いて線形最適化問題を解くには PuLP というパッケージを用いることができる（参考文献

¹ <https://xkcd.com/353/>

献・資料 1). PuLP をインストールした後、Python のプログラムで PuLP の機能を使うには、冒頭に

```
from pulp import *
```

と書けばよい。

4.2 問題生成

PuLP を用いて線形最適化問題を解くには、まず、問題を生成する。そのためには、

```
prob = LpProblem("ex1", LpMinimize)
```

を実行する。

4.3 変数生成

次に、問題に現れる決定変数 x_1, x_2 を生成する。そのためには、

```
x1 = LpVariable("x1", lowBound=0, cat=LpContinuous)
x2 = LpVariable("x2", lowBound=0, cat=LpContinuous)
```

を実行する。最初の引数で変数の名前を指定し、2 番目の引数では `lowBound` を用いて下限を 0 と指定している。これにより、 $x_1 \geq 0$ が課される。3 番目の引数では `cat` を用いてこの変数を連続変数とすることを指定している。

4.4 目的関数生成

これらの変数を用いて、目的関数を生成する。そのためには、問題 `prob` に線形関数を「追加」する。線形関数を「追加」するには演算子 `+=` を用いる。

```
prob += 2*x1 + 3*x2
```

4.5 制約式生成

最後に、制約式を生成する。これには、目的関数と同じく演算子 `+=` を用いるが、今度は追加するのは線形関数ではなく線形不等式である。

```
prob += 3*x1 + 4*x2 >= 1
```

これで、(1)の線形最適化問題を、PuLP を用いて表すことができた。この線形最適化モデル `prob` は、`print()`文を用いて画面表示することができる。

```
print(prob)
```

表示結果は次のとおりである。

```
ex1:
MINIMIZE
2*x1 + 3*x2 + 0
SUBJECT TO
_C1: 3 x1 + 4 x2 >= 1

VARIABLES
x1 Continuous
x2 Continuous
```

この機能を使うと、意図どおりに問題が生成されているかを目視で確認できる。

4.6 線形最適化問題の一般形

線形最適化問題の一般形は、次のように書かれる。

$$\begin{aligned} \text{最小化} \quad & \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \text{制約} \quad & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \\ & x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n). \end{aligned}$$

5. モデリング言語とソルバー

ここまで述べてきた PuLP は、モデリング言語と言われるものである。数理最適化のモデリング言語とは、数理最適化問題を人間の読みやすい・書きやすい形式で表現するための言語である。前節で述べた PuLP を用いた線形最適化問題の表現では、線形関数の表現が数式での表現とよく似ており、人間に読みやすい・書きやすい形式であることがわかる。線形最適化を扱えるモデリング言語には、PuLP の他に、ZMPL, GNU MathProg, AMPL, PICOS などがある。

モデリング言語はあくまで問題を表現するためのもので、それ自体には問題を解く機能はない。問題を解くには、別途、ソルバと呼ばれるソフトウェアを用意する必要がある。線形最適化問題を解くためのソルバには、Cbc, Gurobi, Mosek などがある。Python パッケージとして PuLP をインストールすると、同時に Cbc がインストールされる。したがって、PuLP を用いる際には、別途ソルバをインストールする作業はなしで Cbc を用いることができる。

5.1 ソルバによる求解

さて、PuLP で表現した線形最適化モデル `prob` を

解くには、`prob.solve()`を実行すればよい。これにより、問題 `prob` の最適解が、指定されたソルバによって計算される。

```
status = prob.solve()
```

`prob.solve()`の戻り値は、計算実行により至った終了状態を示す整数値である。この整数値は、`LpStatus`に引数として渡すことで、状態を示す文字列を得ることができる。

```
status=prob.solve()
print("終了状態:",LpStatus[status])
print("目的関数値:",value(prob.objective))
for var in prob.variables():
    print(var.name,":",var.varValue)
```

`LpStatus[status]`として `Optimal` が得られれば、最適解が得られたことがわかる。得られた最適値は、`value(prob.objective)`で得られる。モデル `prob` に含まれる変数には、`prob.variable()`でアクセス可能であるが、その要素 `var` の値は `var.varValue` で得られる。最適解が得られた状態であれば、そのときの最適解は、`var.varValue` で得られる。このプログラムを実行すると、下記の表示がされる。

```
終了状態: Optimal
目的関数値: 0.66666666
x1 : 0.33333333
x2 : 0.0
```

これより、最適解が得られており、そのときの最適値は $2/3(=0.66666666)$ 、最適解は $x_1 = \frac{1}{3}, x_2 = 0$ であることがわかる。

6. 二次錐最適化問題

線形最適化問題の一般化として、二次錐最適化問題がある。この問題は、線形最適化問題よりもモデル化能力に優れ、かつ、最適解を得るための効率的なアルゴリズムが知られているので、様々な分野で用いられている。リスク管理の分野だと、線形最適化問題にロバスト性を取り入れたロバスト線形最適化問題は、パラメータの不確実性に楕円を仮定すると、二次錐最適化問題として定式可能であることが知られている（参考文献・資料2）。

二次錐は、 n 次元ベクトルの集合であり、次で定義される。

$$\mathcal{K}_q = \left\{ \mathbf{x} \mid x_1 \geq \sqrt{x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_n^2} \right\}.$$

この記号を用いて、二次錐最適化問題は、次のように表される。

$$\begin{aligned} & \text{最小化} \quad \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ & \text{制約} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \\ & \quad \quad \mathbf{x} \in \mathcal{K}_q. \end{aligned}$$

(1)の形に対応させると、実行可能領域 S は

$$S = \left\{ \mathbf{x} \mid \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \mathbf{x} \in \mathcal{K}_q \right\}$$

となる。

次に示すのは、二次錐最適化問題の例である。

$$\begin{aligned} & \text{最小化} \quad x_1 + 2x_2 + 3x_3 \\ & \text{制約} \quad x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 10, \\ & \quad \quad 3x_1 + x_3 \leq 11, \\ & \quad \quad 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 20, \\ & \quad \quad x_1 \geq \sqrt{x_2^2 + x_3^2}. \end{aligned}$$

6.1 錐線形最適化パッケージ PICOS

二次錐最適化問題を Python で解くには、PICOS というパッケージを使うとよい。

6.2 二次錐最適化問題を解くプログラム

PICOSで二次錐最適化問題を生成して解くプログラムは、次のとおりである。

```
import picos as pic
pb=pic.Problem()
x=pic.RealVariable("x",3)
pb.add_constraint( x[0]+2*x[1]+2*x[2] <= 10 )
pb.add_constraint( 3*x[0]+x[2] <= 11 )
pb.add_constraint( 4*x[0]+3*x[1]+2*x[2] <= 20 )
pb.add_constraint( x[0]>=abs(x[1:3]) )
pb.set_objective("min",x[0]+2*x[1]+3*x[2])
solution=pb.solve()
```

```
print("終了状態:",solution.claimedStatus)
print("目的関数値:",round(pb.value,2))
print("最適解:",solution.primals)
```

このプログラムを実行すると、次の結果を得る。

```
終了状態: optimal
目的関数値: -13.47
最適解: {<3x1 Real Variable: x>:
[5.247680246068714,-2.2453757938834125,
-4.743040743311351]}
```

これより、最適解を求め、最適値は-13.47であることがわかる。

6.3 ロバスト線形最適化問題

パラメータ a_{ij} に不確実性がある線形最適化問題は、ロバスト線形最適化問題とよばれる。ロバスト線形最適化問題では、制約を定める係数 a_{ij} が不確実性集合 \mathcal{U}_i の中に値をとる、という状況を扱う。数式で表すと、 $\mathbf{a}_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}) \in \mathcal{U}_i$ となる。この \mathcal{U}_i を、不確実性集合という。不確実性集合としては様々なものが考えられるが、その一つに楕円がある。具体的には、次のように表される集合である。

$$\mathcal{U}_i = \{\bar{\mathbf{a}}_i + P_i \mathbf{u} \mid \|\mathbf{u}\|_2 \leq 1\}. \quad (3)$$

ロバスト線形最適化問題では、この不確実性集合の中のどの値 \mathbf{a}_i に対しても、制約式 $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = \mathbf{a}_i \cdot \mathbf{x} \leq b_i$ が満たされなければならない、という制約が課されている。これは、数式で表現すると、次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{最小化} \quad & \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \text{制約} \quad & \max\{\mathbf{a}_i \cdot \mathbf{x} \mid \mathbf{a}_i \in \mathcal{U}_i\} \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \\ & \mathbf{x} \in \mathcal{K}_q. \end{aligned}$$

ここで、最初の制約は、次のように表すことができる。

$$\max\{\mathbf{a}_i \cdot \mathbf{x} \mid \mathbf{a}_i \in \mathcal{U}_i\} = \bar{\mathbf{a}}_i \cdot \mathbf{x} + \|P_i^T \mathbf{x}\|_2 \leq b_i. \quad (4)$$

この式の、右 2 つの項は、 $\|P_i^T \mathbf{x}\|_2 \leq b_i - \bar{\mathbf{a}}_i \cdot \mathbf{x}$ と等しく、これは、二次錐制約として表される。

次に、ロバスト線形最適化問題の問題例をとりあげる。まず、線形最適化問題の問題例を示す。

$$\begin{aligned} \text{最小化} \quad & -4x_1 + 9x_2 + 3x_3 \\ \text{制約} \quad & -x_1 + 3x_2 \leq 7, \\ & 3x_1 + 3x_2 \leq 3, \\ & 3x_2 + 2x_3 \leq 6, \\ & -3x_1 - 5x_3 \leq -5, \\ & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0. \end{aligned} \quad (5)$$

さて、この線形最適化問題に対するロバスト最適化問題を扱う。不確実性を定める行列 P_1, P_2, P_3, P_4 は、それぞれ次で与えられるとする。

$$P_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, P_2 = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix},$$

$$P_3 = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, P_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

(3) におけるベクトル $\bar{\mathbf{a}}_i$ は、 $\bar{\mathbf{a}}_1 = [-1, 3, 0], \bar{\mathbf{a}}_2 = [3, 3, 0], \bar{\mathbf{a}}_3 = [0, 3, 2], \bar{\mathbf{a}}_4 = [-3, 0, -5]$ である。こうして、次のように PICOS による二次錐最適化モデルが定められる。

```
import cvxopt as cvx
A=pic.Constant("A",cvx.matrix([-1,3,0,-3,3,3,3,0,0,2,-5],(4,3)))
b=pic.Constant("b",cvx.matrix([7,3,6,-5],(4,1)))
c=pic.Constant("c",cvx.matrix([-4,9,3],(3,1)))
P=[cvx.matrix([1,0,0,0,3,0,0,0,1],(3,3)),
cvx.matrix([2,0,0,0,1,0,0,0,2],(3,3)),
cvx.matrix([2,0,0,0,0.5,0,0,0,1],(3,3)),
cvx.matrix([1,0,0,0,2,0,0,0,1],(3,3))]
prob = pic.Problem()
x = pic.RealVariable ("x",3)
prob.add_list_of_constraints([abs(P[i]*x)<=b[i]-A[i,:]*x
for i in range(4)])
prob.add_list_of_constraints([x[i]>=0 for i in range(3)])
objective=c|x
prob.set_objective("min",objective)
solution = prob.solve()
print("status:", solution.claimedStatus)
print("objective value:", prob.value)
print(solution.primals)
```

このプログラムを実行すると、次の結果が得られる。

```
status: optimal
```

```
objective value: 2.060032365677577
{<3x1 Real Variable: x>: [0.27462203493052445, -3.54048787281071e-11, 1.052840168572773]}
```

PICOS では、ベクトル $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ のノルム $\|x\|$ を、 $\text{abs}(x)$ で表すことができる。したがって、 $\|P_i^T x\|_2 \leq b_i - \bar{a}_i \cdot x$ は、次の行で表される。

```
abs(P[i]*x)<=b[i]-A[i,:]*x
```

実行結果より、最適値として 2.06 が得られることがわかる。この最適値は、線形最適化問題(5)の最適値よりも悪い(大きい)が、 P_i で定められる範囲で a_i どのような値を実現しても、制約式(4)は破られることはない。

7. ネットワーク最適化問題

他によく用いられる最適化問題として、ネットワーク上の最適化問題がある。ネットワークは、グラフともよばれる。それは、点集合 V と辺集合 E のペアとして、 $G = (V, E)$ と定義される。図 1 に示したのは、

```
V = {0,1,2,3,4,5},
E = {{0,1},{0,2},{1,3},{1,4},
      {2,3},{2,4},{3,5},{4,5}}
```

で定義されるネットワークである。各ネットワークには、コストが関連づけられている。そのコストは、各辺の脇に書かれている。ネットワーク上の最適化問題として最も身近なものは、最短経路問題である。最適化問題は、ある点から他の点への最も費用の安い経路を求める問題である。その応用としては、地図アプリを用いた経路探索が挙げられる。

Python でネットワークを扱うパッケージとしては、NetworkX が便利である。NetworkX を用いると、図 1 のネットワークは次のよう表すことができる。

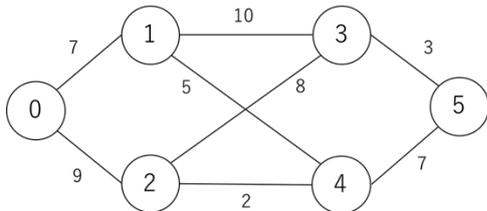


図 1 : ネットワークの例

```
import networkx as nx
G=nx.Graph()
```

```
G.add_weighted_edges_from([(0,1,7),(0,2,9),(1,3,10),(1,4,5),(2,3,8),(2,4,2),(3,5,3),(4,5,7)])
```

このグラフ上での最短経路問題は、NetworkX の機能によって簡単に求めることができる。ある点 source から、それ以外の全ての点への最短経路を求めるには、次の命令を実行すればよい。

```
p = nx.shortest_path(G, source=0)
```

これにより、source として指定した点 0 から、それ以外の点への最短経路が求まる。このグラフ上での最短経路問題は、NetworkX の機能によって簡単に求めることができる。求められた最短経路は、 $\text{print}(p)$ によって表示されるが、その結果は次のとおりである。

```
{0: [0], 1:[0,1], 2:[0,2], 3:[0,1,3], 4:[0,1,4], 5:[0,1,3,5]}
```

ここで注意が必要なのは、 $\text{shortest_path}()$ の引数に特に指定をしなければ、辺の数が最小の経路を最短経路として求めることである。例えば、0 から 4 への最短経路は、点 0,1,4 を順に辿るものであるが、このコストは、 $7+5=12$ である。しかし、重みで比較すると、点 0,2,4 を順に辿る経路のコスト 11 の方が小さい。ネットワーク G に設定した重みの総和を最小にする最短経路を求めたければ、引数に明示する必要がある。

```
p = nx.shortest_path(G, source=0,weight="weight")
```

こうして求めた最短経路は、次のとおりである。

```
{0: [0], 1:[0,1], 2:[0,2], 3:[0,1,3], 4:[0,2,4], 5:[0,2,4,5]}
```

この結果を見ると、点 4 と 5 への最短経路として異なるものが得られている。

8. まとめ

本稿では、Python を用いて、数理最適化問題を解く方法を述べた。Python を用いるメリットは、豊富なパッケージが使えることである。本稿で扱ったパッケージ以外にも、様々な機能を実現するパッケージが存在する。開発した数理モデルの動作をテストすることなどが簡単にできるので、活用をお勧めする。

参考文献・資料

1. Pulp documentation team (2009) , Optimizaiton with PuLP, <https://coin-or.github.io/pulp/>, 参照日: 2020 年 4 月 29 日.
2. Lobo, M.S., Vandenberghe, L., Boyd, S. and Lebet, H. (1998), Applications of second-order cone programming. Linear Algebra and its Applications, 284, 193—228.
3. Sagnol,G., Stahlberg, M. (2012), The PICOS Documentation, <http://picos.zib.de>, 参照日 : 2020 年 4 月 29 日.
4. NetworkX developers (2014), NetworkX – Network Analysis in Python, <https://networkx.github.io/>, 参照日:2020 年 4 月 29 日.

JAROS2019 大会ルポ

佐藤 公俊

(神奈川大学工学部経営工学科 准教授)

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)

Kimitoshi Sato

Associate Professor of Industrial Engineering and Management
Faculty of Engineering
Kanagawa University

Haruyoshi Ito

Associate Professor of Finance
Graduate School of International Management
Aoyama Gakuin University

1. はじめに

2019年11月30日(土)および12月1日(日)に、日本リアルオプション学会研究発表大会が開催された。佐藤公俊神奈川大学准教授が大会実行委員長となり、神奈川大学横浜キャンパスにて開催された。研究セッション、チュートリアル、セミナー、パネルディスカッションといずれも充実した内容であり盛況であった。



今井潤一会長 (撮影：小田潤一郎氏)



廣井悠氏 (撮影：小田潤一郎氏)

2. 第一日目(2019年11月30日)

初日は、「不透明な未来へ向けての価値創造戦略」というタイトルでシンポジウムが開かれ、4件のご講演を頂いた。講演1として、廣井悠氏(東京大学)より「これからの都市防災」というタイトルでご講演を頂いた。都市防災という学問の紹介から始まり、これからの防災まちづくりをとりまく時代の変化について、人口減少や災害リスクの観点から多様なデータを用いてご説明いただいた。さらに、600万人を対象とした巨大災害後の交通渋滞を予測したシミュレーションなどさまざまな研究成果を報告いただき、将来の不確実性への対応としての防災研究に触れることができた。

講演2として、鳥海重喜氏(中央大学)より「エネルギー・リスクマネジメントと海上輸送」というタイトルでご講演を頂いた。不確実性下の国際的なエネルギーサプライチェーンを対象に、VaRを用いた資源の輸入量を決定する問題や、その輸送手段を決定する問題を発表いただいた。さらに、航海距離や航海時間を、船舶AISデータを用いて、評価した結果では、大規模なデータをもとに海上輸送における不確実性が可視化されており、大変興味深い内容であった。



鳥海重喜氏 (撮影：佐藤公俊氏)

講演3では、長谷川直和氏（(株)ダイドールグループホールディングス）より、「人口減少時代のビジネスモデルと事業ポートフォリオ戦略」というタイトルでご講演を頂いた。ダイドールグループのあゆみから始まり、人口減少時代における持続可能なビジネスモデルの構築に向けたさまざまな取り組みをご紹介いただいた。会社の強みを軸とした成長投資や海外での事業展開の拡大などの取り組みについて詳しくお話しいただき、大変示唆に富む内容であった。



長谷川直和氏（撮影：小田潤一郎氏）

講演4では、二宮俊一郎氏（(株)翻訳センター）より、「AI vs. 人間という二項対立への疑問—翻訳会社の立場から」というタイトルで、ご講演を頂いた。まず初めに、機械翻訳の歴史と特徴についてご紹介いただいた。さらに、翻訳工程に機械翻訳を取り入れることで、翻訳作業の大幅な短縮が可能になることや、AIによって自動翻訳の精度が非常に高まっているなど、翻訳市場の現状を知ることができ、大変面白い内容であった。私も機械が理解しやすい日本語入力に慣れて、自動翻訳技術を活用し、生産性を高めていきたいと感じた。



二宮俊一郎氏（撮影：小田潤一郎氏）

「不透明な未来へ向けての価値創造戦略」というタイトルの通り、さまざまな業界における不確実性への取り組みに触れることができるシンポジウムであった。セミナーの各講演者の講演内容については本機関紙に掲載されているのでそちらを参照されたい。

3. 第二日目(2019年12月1日)

二日目は小林博和氏（青山学院大学）のチュートリアルセッションから始まった。昨年に引き続き、AIに関するテーマで、「Python パッケージを用いた数理最適化の実践」と題してご講演を頂いた。参加者からの質疑も活発で大変に盛況なセッションであった。内容の詳細については、本号に掲載された講演要旨を参照されたい。

午後8本の研究報告があった。筆者は「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」と題して報告させて頂いた。中国で加入者が1億人を越えた、付加保険料率が8%（日本は20%~100%）である、中国の医療保障を行うプログラムについて、アンケート調査に基づく分析と効用分析について報告した。



小林博和氏（撮影：小田潤一郎氏）

慶應義塾大学のSchneider氏、平川氏、細田氏、金氏、今井氏は、「Estimating Parameters for Technology Investments: An Application to 3D Printing Technologies」というタイトルで報告を行った。理論モデルの実務への適用を高めるために、インプットパラメータ推計の重要性を説いており、技術革新のスピードを、Bassモデルを利用して表現し、3Dプリント技術の評価を行っている。リアルオプション理論の実務への適用を試みた意欲的な研究である。

東京大学のSuetsugu氏、Naruse氏、Morikawa氏は、「Long-term Warehouse Capacity Planning for Joint Replenishment Problem」と題して報告を行った。海上輸送における倉庫キャパシティ計画に関する研究である。実務的にあまり考慮されることのない、在庫キャパシティを決定する際に拡張オプションを考慮することに重要性を問っていた。

電力中央研究所の服部氏は、「オプション型金融的送電権の仕組みと価格変動」と題し報告を行った。欧州で実際に取引されている、エリア間の値差に応

じて生じた不足分をペイオフとするオプションである金融的送電権の価格変動についてリアルオプションアプローチを利用して説明を試みた興味深い研究であった。

慶應義塾大学 Schneider 氏と今井氏は、”User-based Valuation of Digital Business Models”と題して報告を行った。インターネットカンパニーの企業価値をボトムアップアプローチで、顧客価値の積み上げにより評価する研究であり、理論面、実証面で優れた研究であった。今年度の研究発表奨励賞受賞報告である。さらなる研究成果をあげられることを期待したい。

金沢大学の佐藤氏、信州大学の高橋氏、大谷氏は、「リアルオプション価値と資本コストポテンシャルによって調整された残余利益モデル」というタイトルで報告を行った。株主資本利益率(ROE)を高めることが要求されている中で、ROEをレバレッジ、回転率、当期純利益率に分解し、資本コストポテンシャルという測度を定義し、内生的資本コストとして、既存の残余利益モデルに取り組み、外生的資本コストと比較することにより、経営における投資と財務の意思決定問題への応用に取り組む、新規性の高い

挑戦的な研究であった。

政策研究大学院大学の伊藤氏、田中氏、東京理科大学の高嶋氏は、「不確実性下での送電と発電の投資の意思決定」と題して報告を行った。萌芽的研究であるが、電力自由化が進んでいる中で、送電と発電にかかる意思決定は今まで以上に不確実性を考慮したものにならざるを得ず、意思決定の柔軟性を織り込むことのできるリアルオプション分析の応用は意義のある研究であるため、今後の研究成果にも期待したい。

地球環境産業技術研究機構の小田氏は、「セメント工場における廃熱回収発電設備投資の経済性分析：セメント需要減少に伴う操業停止リスクの影響」と題し報告を行った。CO2 排出削減のプレッシャーを受けているセメント業界が、操業停止のリスクもあるなかで、排熱回収発電設備投資を行うためには、電力料金がいくらである必要であるかについて、分析を行った、現代社会の余生も高い、実務的に意義のある研究であった。

以上のように大変に充実した研究発表大会であった。来年の研究発表大会にも大いに期待したい。

<研究メモ>

リスク鋭感的価値尺度 (RSVM) の拡張とその応用

名古屋市立大学名誉教授
宮原 孝夫 (みやはら よしお) *

2020 年 7 月 1 日

概要

キーワード: リスク鋭感的価値尺度 (RSVM)、収益鋭感的価値尺度 (PSVM)、両鋭感的価値尺度 (BSVM)、内部リスク回避度 (IRRA)、挑戦指数 (Aggressiveness Index)、ベンチャー事業価値評価

1 はじめに

筆者はプロジェクトの価値評価尺度としてリスク鋭感的価値尺度 (RSVM) を 2010 年に提唱して以来、その有効性や応用法について研究してきた。そこで対象としている事業はほぼすべてのものであるが、うまく適用できない対象が 1 つある。それはベンチャー事業の評価である。

ベンチャー事業およびベンチャーキャピタルの重要性は言うまでもないが、その適切な価値評価法は確立されていないように思われる。そこで、ベンチャー事業の評価に適したように RSVM を拡張した価値尺度を導入することを考えたい。

本稿では RSVM の定義を必用に応じて拡張し、その結果として議論できることや応用の広がりの可能性を検討する。具体的には、効用無差別価格としての価値尺度という立場から 3 種類の指数型効用関数に注目し、それらに応じて出てくる 3 種類の価値尺度についてその意味、その特性、応用の可能性等を見て行く。そして最後にベンチャー事業の評価への応用の可能性を論じ、今後の研究の方向性を考える。

2 効用関数と効用無差別価格

2.1 3 種類の効用関数

効用関数として次の 3 種類のもの考える。

1) リスク回避的効用関数 (リスク鋭感的効用関数):

$$u^{(\alpha)}(x) = \begin{cases} \frac{1}{\alpha} (1 - e^{-\alpha x}), & \alpha > 0, \\ x, & \alpha = 0. \end{cases} \quad (1)$$

α はリスク回避度である。

2) リスク愛好的効用関数 (収益鋭感的効用関数):

$$u^{(-\beta)}(x) = \begin{cases} -\frac{1}{\beta} (1 - e^{\beta x}), & \beta > 0, \\ x, & \beta = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$-\beta$ はリスク回避度。(β は収益愛好度。)

3) リスク回避的かつリスク愛好的効用関数 (リスク及び収益鋭感的効用関数):

$\alpha \geq 0$ をリスク回避度、 $\beta \geq 0$ を収益愛好度として

$$u^{(\alpha, \beta)}(x) = \begin{cases} \frac{1}{\alpha + \beta} ((1 - e^{-\alpha x}) - (1 - e^{\beta x})), & \alpha + \beta > 0, \\ x, & \alpha = \beta = 0, \end{cases} \quad (3)$$

$$= \frac{1}{\alpha + \beta} (\alpha u^{(\alpha)} + \beta u^{(-\beta)}). \quad (4)$$

これら 3 つの効用関数に対する効用無差別価格について考察してみる。

2.2 対応する効用無差別価格

評価対象となる確率変数のクラス \mathbf{L} を次のように限定する。

Definition 1 $\mathbf{L} = \{X : E[e^{tX}] < \infty, -\infty < t < \infty\}$

Theorem 1 \mathbf{L} is a linear space.

このクラス \mathbf{L} の上で評価を考える。次のような結果が得られる。

1) リスク回避的効用関数の効用無差別価格:

$$U^{(\alpha)}(X) = \begin{cases} -\frac{1}{\alpha} \log(E[e^{-\alpha X}]), & \alpha > 0, \\ E[X], & \alpha = 0. \end{cases} \quad (5)$$

2) リスク愛好的効用関数の効用無差別価格:

$$U^{(-\beta)}(X) = \begin{cases} \frac{1}{\beta} \log(E[e^{\beta X}]), & \beta > 0, \\ E[X], & \beta = 0. \end{cases} \quad (6)$$

* E-mail: yoshio_m@zm.commufa.jp

Remark 1 上の 1) と 2) の場合の式は同一の形をしているので、数理的には統一して扱える。次節以下ではそのように扱うことにする。ただし、1) の場合と 2) の場合とではその性質は異なり、対称的であることを注意しておこう。

3) リスク回避的かつリスク愛好的効用関数の効用無差別価格：

$$\begin{aligned} & U^{(\alpha, \beta)}(X) \\ &= \begin{cases} \frac{1}{\alpha + \beta} (-\log(E[e^{-\alpha X}]) + \log(E[e^{-\beta X}])) & , \alpha + \beta > 0 \\ E[X] & , \alpha = \beta = 0 \end{cases} \quad (7) \\ &= \frac{1}{\alpha + \beta} (\alpha U^{(\alpha)} + \beta U^{(-\beta)}) . \end{aligned}$$

Remark 2 1) 及び 2) の場合には効用無差別価格と確実性等価とは一致するが、3) の場合には効用無差別価格と確実性等価とは一致しない。

3 リスク鋭感的価値尺度 (RSVM)

本稿での主要な関心は 3) の場合であるが、それを見るための前提とし RSVM について要点をまとめておく。

3.1 定義

上でみたように、1) のリスク回避的な場合の効用無差別価格と 2) のリスク愛好的な場合の効用無差別価格とは統一的に扱える。それを踏まえて、リスク鋭感的価値尺度 (RSVM) を次のように定義する。

Definition 2 $X \in \mathbf{L}$ に対して

$$U^{(\alpha)}(X) := \begin{cases} -\frac{1}{\alpha} \log(E[e^{-\alpha X}]) & , \alpha \neq 0 \\ E[X] & , \alpha = 0 \end{cases} \quad (9)$$

を X のリスク回避度 α のリスク鋭感的価値と呼び、 $U^{(\alpha)}(\cdot)$ をリスク回避度 α のリスク鋭感的価値尺度 (RSVM) と呼ぶ。

Remark 3 最初に RSVM を導入した際には $\alpha \geq 0$ で定義し ([10])、その範囲で議論してきた ([11, 12, 13, 14, 15])。その後 $\alpha < 0$ の場合にも現実的な意味の有ることが分ってきた ([6, 7, 5])。そこで、 $-\infty < \alpha < \infty$ で定義することを基本とすることにする。

3.2 RSVM の性質

Theorem 2 $U^{(\alpha)}(X)$ は次の性質を持つ。

- (1) $U^{(\alpha)}(X)$ is a continuous function of $\alpha \in (-\infty, \infty)$.
- (2) If X is not constant (i.e., $P(X \neq E[X]) > 0$), then $U^{(\alpha)}(X)$ is a strictly decreasing function of α , i.e.,

$$U^{(\alpha_1)}(X) > U^{(\alpha_2)}(X), \quad \text{for } \alpha_1 < \alpha_2. \quad (10)$$

(3) For $\alpha > 0$, the RSVM $U^{(\alpha)}(\cdot)$ is a concave monetary value measure.

(4) For $\alpha < 0$, the RSVM $U^{(\alpha)}(\cdot)$ is a convex monetary value measure.

Remark 4 RSVM の性質については、これらの性質も含めて、 $\alpha \geq 0$ の場合について詳しく調べられている ([10, 12, 15])。 $-\infty < \alpha < \infty$ の場合については [5] で触れているが、本質的には $\alpha \geq 0$ の場合の議論からほぼ自動的に導かれる。

次に規模のパラメーター $\lambda (-\infty < \lambda < \infty)$ を導入し、 $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ について見る。

Theorem 3 $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ は次の性質を持つ。

(i) $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ is a continuous function of $(\alpha, \lambda) \in (-\infty, \infty) \times (-\infty, \infty)$. Especially it holds that

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} U^{(\alpha)}(\lambda X) = U^{(0)}(\lambda X) = \lambda E[X], \quad (11)$$

$$\lim_{\lambda \rightarrow 0} U^{(\alpha)}(\lambda X) = U^{(\alpha)}(\mathbf{0}) = 0. \quad (12)$$

(ii) For any λ , $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ is a decreasing function of α .

(iii) It holds that for any α

$$\lim_{\lambda \rightarrow 0} \frac{\partial}{\partial \lambda} U^{(\alpha)}(\lambda X) = E[X]. \quad (13)$$

(iv) For any $\alpha \geq 0$, $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ is a concave function of λ .

(iv') For any $\alpha > 0$, if X is not constant (i.e. $P(X = E[X]) < 1$), then $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ is a strictly concave function of λ .

(v) For any $\alpha \leq 0$, $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ is a convex function of λ .

(v') For any $\alpha < 0$, if X is not constant (i.e. $P(X = E[X]) < 1$), then $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ is a strictly convex function of λ .

(vi) $U^{(\alpha)}(-\lambda X) = -U^{(-\alpha)}(\lambda X)$, $-\infty < \alpha < \infty, -\infty < \lambda < \infty$.

Remark 5 この結果も、 $\alpha \geq 0, \lambda \geq 0$ の場合について詳しく調べられている ([10, 11, 12, 15])。そこでの議論を $-\infty < \alpha < \infty, -\infty < \lambda < \infty$ の場合に拡張して同様に議論をすることにより上の結果は導かれる。

3.3 RSVM による評価の応用例

RSVM による評価により従来の評価とどのような違いがあり、どういう点で優れているかについては多くの検討がなされてきている。例えば規模のリスクを議論することが可能となり、災害対策の価値評価や保険や

CAT ボンドの評価に応用される。それらについては、[2, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16] 等で述べられている。

また、内部リスク回避度 (IRRA) を利用した資産評価への応用があるが、これについては次の小節で述べる。

3.4 内部リスク回避度 (IRRA)

Definition 3 $X \neq \mathbf{0}$, $X \in \mathbf{L}$ に対して、

$$U^{(\alpha)}(X) = 0 \quad (14)$$

を満たす α を X の内部リスク回避度 (IRRA) と呼び、 $\alpha_0(X)$ で示す。

IRRA を使った資産の評価法は [2, 6, 7, 12, 15] 等で述べられている。

IRRA と他の指標との関連として、次のようなことが知られている。

- 1) IRRA は Aumann-Serrano performance index と一致する ([5])。
- 2) Sharp Ratio との関係として、正規分布の時には、IRRA と Sharp Ratio とは一致しているが、分布によっては両者はかなり異なってくる ([6, 15])。

4 Both Sensitive Value Measure

新しい価値尺度として、リスクと収益の両方に対して鋭感的な価値尺度を導入する。

4.1 定義と性質

3 番目の両鋭感的効用関数は、多くの人が持っていると思われる効用関数である。従って、この効用関数に基づいた価値評価は多くの場合に有効性を持つと考えられる。

2 節の結果に基づいて次のように定義する。

Definition 4 (Both Sensitive Value Measure) $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$, に対して、

$$\begin{aligned} & U^{(\alpha, \beta)}(X) \\ &= \frac{1}{\alpha + \beta} \left(\alpha U^{(\alpha)} + \beta U^{(-\beta)} \right) \\ &= \begin{cases} \frac{1}{\alpha + \beta} \left(-\log(E[e^{-\alpha X}]) + \log(E[e^{-\beta X}]) \right), & \alpha + \beta > 0, \\ E[X], & \alpha = \beta = 0, \end{cases} \end{aligned} \quad (15) \quad (16)$$

を risk sensitivity α , profit sensitivity β の両鋭感的価値尺度 BSVM (Both Sensitive Value Measure) と呼ぶ。

Remark 6 $U^{(\alpha, \beta)}(\lambda X)$ の性質については、解析的には $U^{(\alpha)}(\lambda X)$ と同様の性質を持つが、定性的にはかなり異なる複雑な性質を持っており、応用の際には注意して扱う必要がある。

$U^{(\alpha, \beta)}(X)$ は価値尺度としての次のような基本的な性質を持っている。

Theorem 4 (i) (Normalization) : $U^{(\alpha, \beta)}(\mathbf{0}) = 0$,

(ii) (Monetary property) :

$$U^{(\alpha, \beta)}(X + m) = U^{(\alpha, \beta)}(X) + m,$$

where m is non-random.

(iii) (Monotonicity) :

(a) If $X_1 \geq X_2$, i.e., $P(X_1 \geq X_2) = 1$, then

$$U^{(\alpha, \beta)}(X_1) \geq U^{(\alpha, \beta)}(X_2),$$

(b) If $X_1 \geq X_2$ and $P(X_1 > X_2) > 0$, then

$$U^{(\alpha, \beta)}(X_1) > U^{(\alpha, \beta)}(X_2).$$

(iv) (Law invariance) : $U^{(\alpha, \beta)}(X_1) = U^{(\alpha, \beta)}(X_2)$ whenever $\text{law}(X_1) = \text{law}(X_2)$,

4.2 応用例：ベンチャー事業の評価

ここで新しいパラメーター γ を

$$\gamma = \frac{\beta}{\alpha} \quad (17)$$

により導入する。 $(\beta = \gamma\alpha)$ である。) γ はリスクに比して収益へのこだわりの強さの比率を表している。すなわち、 γ の大きい投資家はより挑戦的・野心的であり、risk taker であると言える。

RSVM の場合、 $U^{(\alpha)}(X) = 0$ より定まる IRRA $\alpha_0(X)$ が資産の価値評価の指標としての意味を持っていた。このことから類推として、条件 $U^{(\alpha, \beta)}(X) = 0$ は事業の価値評価に何らかの役割を持つ可能性があると考えられる。

今 (α, X) が与えられたとして $U^{(\alpha, \gamma\alpha)}(X) = 0$ より定まる γ の値を $\gamma_0(\alpha, X)$ と定め、挑戦指数 (aggressiveness index) と名付けよう。

ベンチャー事業は大きな収益の可能性と大きなリスク (損失) の可能性とを合わせ持っていると考えられるので、 γ の値が大きい投資家の方がより投資意欲が高いと考えられる。このことより、 $\gamma_0(\alpha, X)$ の値の大きいベンチャー事業への投資はより挑戦的な投資家のみが投資するものと判断できる。したがって、 $\gamma_0(\alpha, X)$ が大きい事業はより挑戦的な、あるいは投機的な、事業と見ることが出来る。

以上の考察から、 $\gamma_0(\alpha, X)$ をベンチャー事業の価値評価の指標として使える可能性があり、ベンチャーキャピタルの立場から、事業の格付けの指標の 1 つに採用出来る可能性がある。これについてはより入念な検討が必用であり、現在検討中である。

5 終わりに：今後の課題

筆者の本来の研究課題は、動学的な RSVM を使った評価と戦略の研究であり、本稿で述べたベンチャー事業

の評価への応用もその一環である。ベンチャー事業の価値評価の問題を検討したのちは、動学的な BSVM によるベンチャー事業の評価・戦略への応用、ベンチャーキャピタルの役割、等を検討して行きたい。

参考文献

- [1] Aumann, R., Serrano, R. (2008) An economic index of riskiness. *Journal of Political Economy* 116. 810-836.
- [2] Ban, R., Misawa, T. and Miyahara, Y. (2016): Valuation of Hong Kong REIT based on Risk Sensitive Value Measure Method, *International Journal of Real Options and Strategy* 4 (2016), 1-33.
- [3] Furukawa, I., H. Miyauchi, T. Misawa: Extension of Effective Load Carrying Capability Using Risk-Sensitive Value Measure, *Proceedings of 2018 the International Conference on Electrical Engineering (ICEE2018, Seoul, 24-28 June. 2018)*, F20180228-1042, pp.1-5.
- [4] Hodoshima, J. (2019) Stock performance by utility indifference pricing and the Sharpe ratio. *Quantitative Finance* 19. 327-338.
- [5] Hodoshima, J., and Miyahara, Y., Utility indifference pricing and the Aumann-Serrano performance index, *J. of Mathematical Economics*, 86(2020) 83-89.
- [6] Hodoshima, J., Misawa, T. and Miyahara, Y. (2018): Comparison of utility indifference pricing and mean-variance approach under normal mixture, *Finance Research Letter* 24, 221-229.
- [7] Hodoshima, J., Misawa, T. and Miyahara, Y., Stok performance evaluation incorporating high moments and disaster risk: Evidence from Japan, (to appear in *Asian-Pacific Financial Markets*). Sharpe ratio: An application of the Aumann-Serrano index to performance measurement. *Journal of Banking & Finance* 36. 2274-2284.
- [8] Kadan, O., Liu, F. (2014) Performance evaluation with high moments and disaster risk. *Journal of Financial Economics*. 113: 131-155.
- [9] 宮原 孝夫 (2006), 「期待効用理論に基づくプロジェクトの価値評価法」、*Discussion Papers in Economics, Nagoya City University*, No.446. 1-21.
- [10] Miyahara, Y. (2010): Risk-Sensitive Value Measure Method for Projects Evaluation, *Journal of Real Options and Strategy*, Vol.3, No.2, pp.185-204.
- [11] Miyahara, Y. (2014): Evaluation of the Scale Risk, *RIMS Kokyuroku*, No.1886, 'Financial Modeling and Analysis (2013/11/20-2013/11/22)', pp. 181-188.
- [12] 宮原孝夫 (2017)、「《研究ノート》プロジェクトの総合的評価理論『リスク鋭感的価値尺度法』」、日本リアルオプション学会 研究叢書第 1 号。(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 9 巻第 2 号(特別号) 2017 年 4 月, pp.1 - 95. Sensitive Value Measure Methods for Project Evaluations, *Communications of the Japan Association of Real Options and Strategy*, Vol.9, No.2, pp.1 - 95.
- [13] 宮原孝夫, “防災事業の価値評価”, 統計数理研究所・共同研究リポート 20180720-21 「極値理論の工学への応用」 20180720-21, pp. 90-106, (2019).
- [14] 宮原孝夫, “ランダム環境の下でのプロジェクトの価値評価法”, 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」Vol. 10, No. 3, 58-67. (2019).
- [15] Miyahara, Y., Inner Rate of Risk Aversion (IRRA) and its Application to Investment Selection, *Asian-Pacific Financial Markets*, Vol.27, 193-212, (2020).
- [16] 三輪昌隆、宮原孝夫 (2010)、「設備維持管理計画の価値評価に対する制御マルコフ過程によるリアルオプションアプローチ」、*リアルオプション研究*, Vol.3, No.1, 1-23.
- [17] 佐々木宏大 (2019)、「動学的リスク鋭感的価値尺度を用いた事業ポートフォリオの価値評価法」、名古屋市立大学経済学研究科 2018 年度修士論文。

<書評>

後藤 允 著

投資戦略の数理モデル ～リアルオプションの基礎と理論～

(朝倉書店、2020年7月1日)

高森 寛

(青山学院大学 名誉教授)

本書は、その題名「投資戦略の数理モデル」が表しているように、「投資」という人間の基本的な、かつ普遍的な行為に関わる「戦略」なるものを扱い、また、その数理モデルへの水先案内をねらいとしている。特に、投資の戦略については、近年、「リアルオプション」なる考え方が、個人の行動や、経営、経済の諸分野で、実践され、研究され、また、話題になっているが、本書は、このリアルオプションなるものを、数理的に、整合性のある体系化されたモデルとして、纏めている。

本書の「まえがき」で著者は、次のように述懐している。その若き学生時代に、いくつかの専門書でリアルオプションを学んだが、確率論、微分方程式、金融工学、制御理論など、多岐にわたって、さらに、それぞれの専門書を紐解く苦労があった。そこで、本書を執筆する機会を得て、初学者が単純なモデルを一冊で完璧に理解するための専門書にしたい。また、実務家に対する啓蒙活動にも資する専門者を志した。

さて、「投資」とは、持てる富をいま享受・消費するのを犠牲にして、未来の富を築く行為である。その未来は、不確実、かつ、不透明でいっぱいである。よって、投資戦略のモデルは、「不確実性」というものを内包せざるを得ない、リアルオプションを含めて、「オプション」なる「資産」や「行動」の価値の評価には、「ブラウン運動」なる不可解、かつ不思議なものが扱われる。一般に、初学者も、実務家も、まずは、ここでつまづく。

本書では、まずは、離散型の「二項モデル」で、各種の投資戦略が直面する不確実性を説いていく。よって、本書の前半は、次のような章立てである：1. リアルオプションの基本モデル、2. 設備投資の離散モデル、3. 研究開発投資の離散モデル、4. 資金調達

の離散モデル。企業経営の根幹は、価値創造とイノベーションを追い求めている投資であるが、これらの章で、設備投資、研究開発、資本調達に関わる戦略を、リスクに直面しながらのリアルオプション問題として説いている。

これらに基づいて、「5. リアルオプションの連続モデル」で、二項モデルの時間間隔を限りなく小さくする極限としてブラウン運動を導く。また、ブラウン運動を含む幾何ブラウン運動を、リスクの原現象として紹介する。この章は、伊藤の公式を使って、この確率微分方程式を解く。さらに、幾何ブラウン運動を原変数としての投資プロジェクトの価値は、オイラーの微分方程式で表されることが明らかにされる。

続いて、「6. 設備投資の連続モデル」で、実行中のプロジェクトへの投資、拡大、縮小オプションなどが、解説される。

本書の最高峰は、最終の章、「7. 連続モデルの厳密な解」であろう。これまで論じられたリアルオプションは、確率制御理論の枠組みでの最適停止問題であるとして、再定式化される。そこでは、ベルマンの最適性原理をもとに、HJB (Hamilton-Jacobi-Bellman) 方程式が得られる。この関数方程式は、5章でのオイラー微分方程式と類似の形となるが、5章では、二つの境界条件：1. Value Matching 条件、2. Smooth Pasting 条件を使って、解が得られた。しかし、これら二つの必要条件では、ほんとうに最適化が得られたのか、問題は残っていた。この章では、最適停止問題に対しては、Verification Theorem なる定理があり、HJB 方程式を満たす解が最適解であることを保証することを明らかにしている。

確率論、制御理論など数理の世界を始めとして、各学術分野の先人が切り開いた知識と真理を紐解きながら、リアルオプションなるものをここまで精緻にまとめた著者の研鑽を称えたい。

学会だより

- JAROS2020 研究発表大会について
日時：2020年11月21日、22日（土日2日間開催）
場所：オンライン開催 WebEx
共催：日本リアルオプション学会
青山学院大学大学院国際マネジメント研究科
大会実行委員長：青山学院大学 伊藤晴祥 准教授
早割 受付中【大会参加】（早割：11/1まで）
一般研究報告セッション：エントリー受付中（9/1火まで）
（一般研究報告は、既に他の学会等で発表したものでも、発表可能です。）

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11巻第2号をお届けいたします。
本号は、JAROS2019研究発表大会の記念号ですが、第1号が、2019年12月に刊行されてから、だいぶ月日を経てしまいました。前半に掲載している講演要旨は、月例公開研究会「価値創造とイノベーション」で、ご講演いただいたお話の要旨です。JAROS2019研究発表大会は、11月30日、12月1日に開催されました。ご寄稿いただいた原稿のいくつかは、かなり早い時期にいただいておりますが、年明け早々のコロナ渦の襲来で、編集作業も、その影響で、滞ってしまいました。本号担当の編集委員として、お詫びいたします。

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。

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
同志社大学大学院ビジネス研究科
株式会社 サンセイランディック
日本管理センター 株式会社
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
株式会社 メディカルシステムネットワーク
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11巻 第2号

2020年3月31日 発行

(機関誌編集委員会)

委員長：森平爽一郎

委員：高森寛、佐藤清和、伊藤晴祥

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>
