

保険・年金 フォーカス

パンデミックリスクの計量

予測モデルの精度を高めるには、どうしたらよいか?

保険研究部 主任研究員 篠原 拓也

(03)3512-1823 tshino@nli-research.co.jp

1—はじめに

現代の社会は、常に、パンデミックの脅威にさらされている。近年の大規模な感染症として、2014年初頭から西アフリカで発生したエボラ出血熱は、人々の記憶に新しいところだろう。世界保健機関(WHO)の発表によると、累計患者数 28,646 人、死亡者数 11,323 人となっている(2016年3月27日時点)。リベリア、シエラレオネ、ギニアで感染症が猛威をふるい、欧米にも感染が拡大した。

これ以前にも、2003年の重症急性呼吸器症候群(SARS)、2009年の新型インフルエンザA(H1N1)など、しばしば、感染症の蔓延に見舞われている。近年、パンデミックの発生リスクは高まっていると言える。各国で、パンデミックの予兆を早期に捉え、感染拡大を防ぐための体制整備が図られている。

パンデミックは、保険会社にも、死亡保障保険の保険金等の支払が増加するという影響をもたらす可能性がある。このため、保険会社は、ERM¹の要素として、パンデミックリスクを取り込むべく、調査・研究に努めている。特に、欧米では、その取り組みが、精力的に進められている。本稿では、アメリカの事例を参考に、パンデミックリスクを計量する際の課題等について、述べることにしたい。²

2—パンデミックと、その対策の概要

まず、パンデミックについて、その内容や、近年の発生状況を概観することとしたい。

1 | パンデミックでは、感染者や死亡者の数が膨れ上がる

厚生労働省のホームページ上の用語解説³によると、パンデミックとは、「感染症の世界的大流行。特にインフルエンザのパンデミックは、近年これがヒトの世界に存在しなかったためにほとんどのヒトが免疫を持たず、ヒトからヒトへ効率よく感染する能力を得て、世界中で大きな流行を起こすことを指す。」とされている。最近100年間を見ると、前世紀にはインフルエンザによるパンデミックが3つ、HIV/AIDSによるものが1つあった。特に、1918年のスペインインフルエンザでは、全世界で感染者が5億人、死亡者が4,000万人に上った。2009年には、新型インフルエンザA(H1N1)が発生した。

¹ Enterprise Risk Management の略。全社リスク管理を指す。

² 本稿は、“Quantifying Pandemic Risk” (Society of Actuaries (SOA), The Actuary Feb./Mar. 2015)を参考にしている。

³ インフルエンザ関係の用語解説。アドレスは、<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekaku-kansenshou04/pdf/03-03-01.pdf>

図表 1. 最近 100 年の間に発生したパンデミック

発生年	パンデミック	主な被害状況
1918-19 年	スペインインフルエンザ	世界で 5 億人(日本では 2,300 万人)が感染、4,000 万人(同 38 万人)が死亡。
1957-58 年	アジアインフルエンザ	世界で 200 万人が死亡。日本では 300 万人が感染、5,700 人が死亡。
1968-69 年	香港インフルエンザ	世界で 100 万人が死亡。日本では 2,200 人以上が死亡。
1981 年頃~	HIV/AIDS	世界で 3,670 万人が HIV 陽性(2015 年)。110 万人が死亡(2015 年単年)。
2009-10 年	新型インフルエンザ A(H1N1)	世界で 14,286 人が死亡。日本では 145 人が死亡。(2010 年 1 月 18 日時点)

※ 「インフルエンザ・パンデミックに関する Q&A(2006.12 改訂版)」(国立感染症研究所 感染症情報センター)、「ファクトシート 2016」(UN AIDS)、「2009 influenza A(H1N1) pandemic」(ECDC Daily Update, 18 January 2010)等をもとに、筆者作成

2 | 世界保健機関は感染症のフェーズを定め、パンデミック発生への警戒を促している

パンデミックの発生に備えるために、WHO は、2009 年に感染症フェーズの見直しを行っている。それによると、パンデミックが発生に至るまでの時期を、6 つのフェーズと、後パンデミック期に分けている。WHO は、これをもとに、世界の感染症の状況を公表し、警戒を促している。

図表 2. パンデミックのフェーズ

1	【パンデミック間期】	ヒト感染のリスクは低い
2	動物間に新しい亜型ウイルスが存在、ヒト感染は未発生	ヒト感染のリスクは高い
3	【パンデミックアラート期】	ヒト-ヒト感染は無いが、または非常にまれな場合に限定
4	新しい亜型ウイルスによるヒト感染発生	ヒト-ヒト感染の小さなクラスター(集積)が見られる
5		ヒト-ヒト感染の大きなクラスターが見られるが広がりは局限
6	【パンデミック期】	一般人口への増加した継続的な感染伝播が見られる
-	【後パンデミック期】	パンデミック間期への回帰

※ 「世界インフルエンザ事前対策計画」(WHO global influenza preparedness plan)をもとに、筆者作成

日本では、2009 年に厚生労働省が、「新型インフルエンザ対策行動計画」を改定し、医薬品やワクチンの備蓄や、海外からの渡航者の検疫等の水際対策の整備等を図っている。

3——パンデミックリスクの 2 つの予測方法

パンデミックリスクについては、ERM では、いくつかのモデリングの手法が、予測に活用されている。予測の方法には、大きく分けて、決定論的方法と確率論的方法の 2 つがある。

1 | 決定論的方法では、シナリオに追加の想定を組み込むことが必要

一般に、パンデミックのような死亡率や罹患率を悪化させる要素が、保険に与える影響を把握するために、ストレステストの手法が用いられる。アメリカでは、保健福祉省(HHS⁴)公表のシナリオが用いられている。そこでは、アジアインフルエンザや香港インフルエンザ相当の「穏健(moderate)シナリオ」と、スペインインフルエンザ相当の「猛威(severe)シナリオ」に対して被害想定を行っている。

図表 3. シナリオごとの被害状況の想定 (全米 3 億人に対する想定)

	穏健(moderate)シナリオ	猛威(severe)シナリオ
感染者数	9,000 万人	9,000 万人
入院患者数	86.5 万人	990 万人
死亡者数	20.9 万人	190.3 万人

※ 'HHS Pandemic Influenza Plan' (HHS, Nov. 2005)の Table 1 をもとに、筆者作成

これらのシナリオは、保険会社のモデル構築の妥当性を裏付けるものとなる。しかし、この想定だけでは、ストレステストのシナリオとして不十分であり、次のような要素も追加する必要がある。

図表 4. ストレステストのシナリオとして、追加が必要な要素 (例)

- ・被保険者集団と、国民全体の、パンデミックによる罹患率や死亡率の違い
- ・パンデミックによる罹患率や死亡率の、性別や年齢の分布
- ・被保険者集団ごとの、平均保障額の水準
- ・再保険給付や、保険税制(税額控除等)の影響

※ 'Potential Impact of Pandemic Influenza on the U.S. Life Insurance Industry' Jim Toole (SOA Research Project, May 2007)をもとに、筆者作成

⁴ Health and Human Services の略。

2 | 確率論的方法では、ストレステストシナリオの設定が可能

パンデミックの発生や進行には、不確実な要素が多い。確率論的手法は、この不確実性を捉えるのに役立つ。また、この手法では、様々な結果に至る確率を予測することができる。確率論的方法として、時系列モデル、疫学的モデル、カタストロフィーモデルが、代表的なものとして挙げられる。

(1) 時系列モデル

過去の事象が、将来の発生に影響を及ぼすとみて、その関係を表したモデルである。このモデルは、算式中に、確率的に変動する残差項を持っており、これが不確実性を演出する。時系列モデルには、いくつか種類がある。代表的なものとして、自己回帰和分移動平均モデル (ARIMA) や、一般化自己回帰条件付不均一分散モデル (GARCH) が挙げられる⁵。これらのモデルでは、過去の経験データと、モデル算式の間で、整合性を保つことが必要となる。そのために、過去のデータを、将来予測データの一部として用いることが行われる。

通常、パンデミックの初期段階では、患者数や死亡者数が、指数関数のように爆発的に増加する。この段階では、例えば、今週の感染率は、先週の感染率との関連性が強いといった傾向があり、時系列モデルは有用と言える。このモデルにより、感染率や死亡率の将来のトレンドや、分散等を見積もり、将来の患者数や死亡者数を予測できる。その後、パンデミックは、ある時点をピークに、拡大が減速に転じる。このモデルは、感染が爆発的に拡大する初期段階で活用する必要がある。

また、時系列モデルは、過去のデータが正確であることを前提としている。しかし、パンデミックの初期段階では、医療体制や、患者の隔離体制が不十分であるなど、医療現場が混乱していることが多い。このため、報告されたデータの正確性について、十分な信頼が置けない場合もある。

(2) 疫学的モデル

感染の拡大を、疫学の観点から捉えたモデルである。これは、病気の発生の進行をシミュレーションするのに有用である。一般的には、コンパートメントモデルが用いられる。それは、パンデミックに直面している人々の集団を、コンパートメントと呼ばれる疾病段階に区分する。通常、疾病段階として、S (Susceptible, 感受性宿主)、E (Exposed, 感染待ち時間)、I (Infectious, 感染性期間)、R (Removed, 回復・死亡・免疫) の4つが考えられる。モデルにより、これらの疾病段階を統合したり、細分化したりすることができる。推移率を置いて、各疾病段階の人数の変化を算式で表す。その算式を、確率過程とすることで、確率的変動を組み込む。このモデルでは、毎日の各コンパートメントの人数を予測できる。そして、パンデミックは、感染者数が極大点に達するまで拡大し、その後、減少していく様子を表す。そのため、パンデミックの発生初期段階や、その後の減速段階で有用である。

図表 5. コンパートメントモデル (イメージ)



* S、E、I、R の4段階の人数の合計が、全体の人数となる。

※ 注記 2 の資料等をもとに、筆者作成

⁵ ARIMA は、AutoRegressive Integrated Moving Average model の略で、残差の分散が時期によらず均一であることを前提にしている。一方、GARCH は、Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedastic model の略で、残差の分散が時期により不均一であるとの前提を置いている。いずれも、為替レートや株価などの将来予測に、よく用いられている。

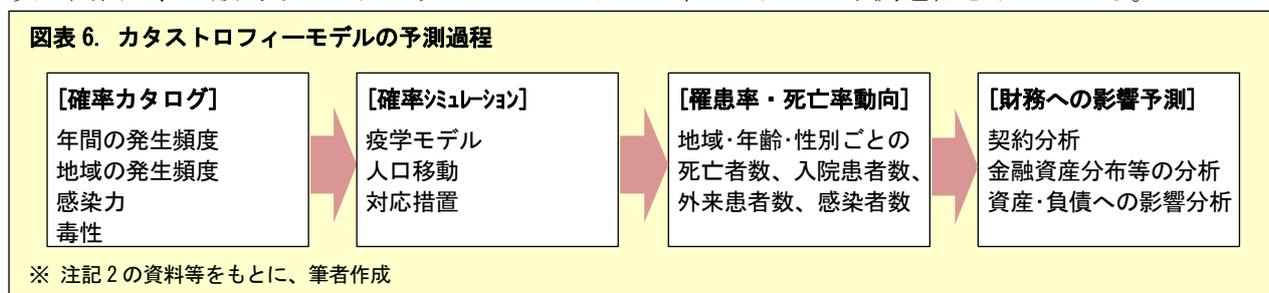
このモデルの構築には、感染から発症までの時間や、発症から回復・死亡等までの時間など、疾病に関する情報が必要となる。また、1人の患者からの感染拡大数。発症した人のうち病院で診療を受ける人や、自宅で死亡する人の割合。ワクチン投与の効果などの情報も、重要となる。こうして得られたデータには、不確実性が含まれているため、結果は統計的分布として活用される。このように、確率の変動を織り込んでいるため、初期条件が同じでも、最終結果が大きく異なる可能性がある。

(3) カタストロフィーモデル

第3の方法として、カタストロフィーモデルが挙げられる。これは、テイルリスクを見積もるのに、適している。カタストロフィーモデルは、1980年代後半に、アメリカで、ハリケーンのリスクを分析する際に導入されたと言われる。現在は、パンデミックを含む、多くのリスク分析に用いられている。

カタストロフィーモデルは、発生し得るシナリオ(確率カタログ)を用いて、リスクの進行を、幅広く予測する。通常、多くのシミュレーション計算を走らせる。その際、初期条件は、各種の利用可能なデータや、科学的検討の上で設定された統計的分布から抽出される。この方法では、発生し得る事象の幅広い予測ができる。このため、様々な損失水準の発生確率を見積もることができる。

次の図表は、一般的なパンデミックのカタストロフィーモデルの予測過程を示している。



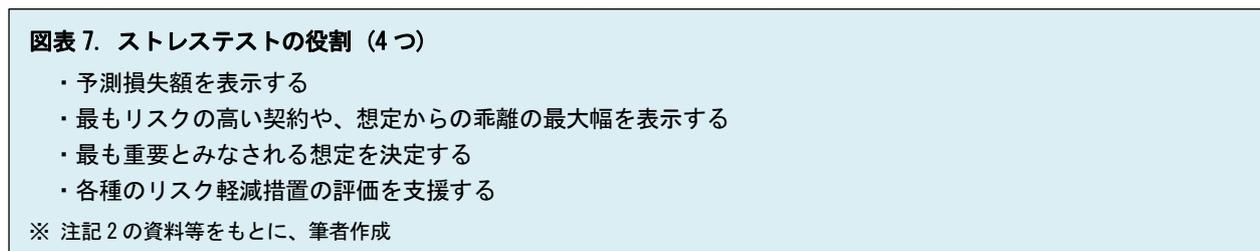
まず、パンデミックの特徴をうまくシミュレーションすることが重要である。確率カタログにあるように、発生頻度を見積もる。併せて、人から人への感染力、感染した場合の毒性を考慮する必要がある。次に、確率シミュレーションにある通り、初期パラメーターを疫学モデルに入力する。その際、人口の移動や、対応措置の有効性などが加味される。第3の段階では、罹患率や死亡率動向にあるように、情報を統合して、死亡者数や患者数等の見積もりを行う。見積もりは、地域、年齢、性別ごとに区分して行う。最後に、財務への影響予測として、契約分析や、資産・負債への影響分析等が行われる。

4—保険のストレステストとして用いる際の2つの予測方法

保険のストレステストとして用いる際には、それぞれの方法の特徴を踏まえておく必要がある。

1 | 決定論的方法では、過去に経験したことのないようなパンデミックの影響は予測できない

一般に、ストレステストには、4つの重要な役割があると考えられている。



ストレステストを通じて、潜在的な問題を抽出して、これを将来予測に用いることができる。そして、有効とみなされるリスク軽減措置が、商品設計、再保険、資産管理等の中でとられることとなる。

ストレスの想定は、合理的でなければならない。現実感の乏しいストレス想定を用いると、リスク管理が不適切なものとなりかねない。その合理性を確保するため、過去の実績が用いられることが多い。過去の情報を用いることで、同じ事象が発生した場合の影響を知ることができるという利点がある。しかし、パンデミックは、過去に発生したものと同じ性質を持つとは限らない。従って、未曾有のパンデミックに対しては、ストレステストが機能しない場合があるという短所を抱えることとなる。

2 | 確率論的方法では、ストレステストシナリオの設定が可能

確率論的方法の最大の長所は、異なる結果に対して、それぞれの発生確率を予測できる点だ。これにより、様々な損失額の発生確率を把握し、適切な準備金積立を行うことが可能となる。確率論的モデルは、過去に発生したものに限らず、幅広い事象の分析を可能とする。それゆえ、保険会社が直面する様々なリスクの理解を可能とする。また、この方法では、現在進行中の事象に対しても、今後の推移を予測したり、評価したりすることができる。即ち、シミュレーションにより、現在に類似した事象を想定し、今後の損失額の幅を予測することができる。

確率論的モデルの短所は、計算に膨大な時間を要することや、高機能なコンピューター等の資源が必要となることだ。特に、パンデミックモデルは、疫学、統計学の要素を取り入れた、シミュレーションプログラミング、データベース管理等、高度な専門技能を必要とする。

図表 8. 確率論的モデルの構築において考慮すべき点

- (1) 各疾病は、個別に分析しなくてはならない
各疾病が、被保険者集団に与える影響は異なる。特定の性別や年齢に集中して生じる疾病もあれば、幅広い層に発生して深刻な罹患率の上昇につながる疾病もある。
- (2) シミュレーションの規模を大きくしなくてはならない
場合によっては、計算結果がある結論に収束しないという、「収束の問題」が発生することもある。これを避けるためには、十分多くの事象を、シミュレーションすることが必要となる。このことは、システム資源等の負荷を、増大させることにつながる。
- (3) 限られたデータで、多くの要素を検証しなくてはならない
過去 100 年間で、パンデミックの事象は、インフルエンザが 4 つ、HIV が 1 つとなっている。このため、モデルの妥当性を検証するためのデータには限りがある。

※ 注記 2 の資料等をもとに、筆者作成

5—おわりに（私見）

これまでに、ERM の中で、収益・リスク・資本のモデルを説明するために、様々な動的システムが構築されてきた。例えば、死亡保障保険や医療保険に関して、将来の死亡率等の変化を、確率的にモデルに組み込むような、長寿モデルや医療ケアモデルが構築されてきた。

パンデミックについては、まずは、これらのモデルを拡張することから始めるべきと考えられる。これは、決定論的方法であっても、確率論的方法であっても構わないが、使用方法について、長所、短所を、十分に踏まえておくことが重要となろう。

今後、パンデミックリスクの計量を通じて、ERM の高度化が図られるものと考えられる。引き続き、その動向に、留意が必要と思われる。