

保険・年金 フォーカス

気候変動のリスク指数開発

アクチュアリーは異常気象による損害リスクを、どう表現するのか？

保険研究部 主席研究員 篠原 拓也
(03)3512-1823 tshino@nli-research.co.jp

1—はじめに

アメリカとカナダのアクチュアリー会は、共同で、アクチュアリー気候指数(Actuaries Climate Index™, ACI)を開発し、2016年11月より定期的な公表を続けている。ACIは、月および季節ごとの、気象や海水面の異常の度合いを指数化したものである。観測の対象は、アメリカとカナダの北米地域で、この地域の気候変動の様子を、定量的に把握できるようにしている¹。

その後、アメリカではACIを応用して、アクチュアリー気候リスク指数(Actuaries Climate Risk Index™, ACRI)の開発が進められた。そして2020年1月に、ACRIのバージョン1.0が、アメリカのアクチュアリー会のホームページ上で公開された²。

ACIやACRIは、気候変動に関するリスク管理の基礎をなすもので、その内容や推移は、注目すべきものといえる。現在、気候変動リスクは、世界中で取りざたされている。これらの指数は、日本での気候変動関連のリスク管理においても、参考になる点が多い、と考えられる。

本稿では、その内容や特徴などの概要を紹介することとしたい。

2—ACIの枠組み

まず、すでに運用されているACIについて、簡単に振り返っておこう。

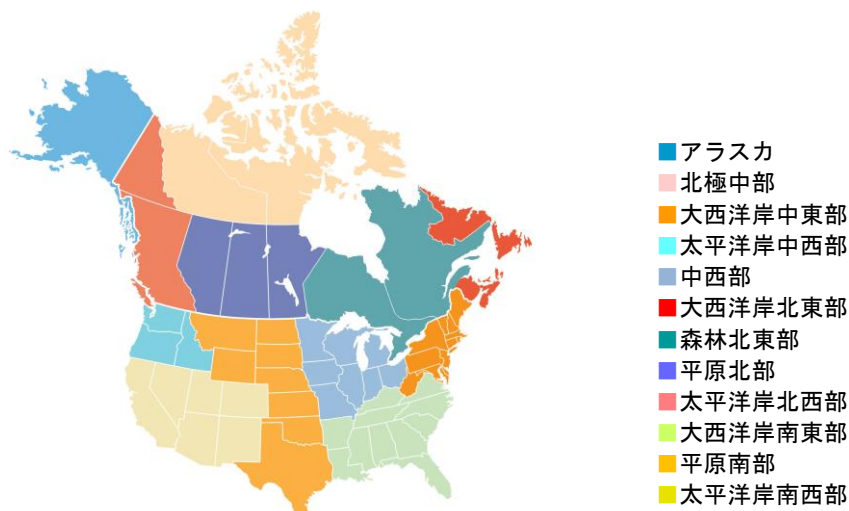
1 | アメリカとカナダを12の地域に分けて、地域ごとに指数を設定

ACIは、つぎの図表に示すとおり、アメリカを7つ、カナダを5つの地域に分けて、指数を設けている。また、併せて、アメリカ全体、カナダ全体、北米全体に対しても、指数を設定している。これらの指数は、熱帯から寒帯まで多様な気候を有する北米大陸について、地域ごとの気候状況を捉えようとするものである。

¹ ACIの詳細については、「[アクチュアリー気候指数の開発—異常気象の発生度合いは、指数で表せるか?](#)」篠原拓也(保険・年金フォーカス, ニッセイ基礎研究所, 2017年9月12日)を、ご参照いただきたい。

² “Actuaries Climate Risk Index—Preliminary Findings” (American Academy of Actuaries, Jan. 2020)

図表 1. 北米の 12 の地域区分



※ “Actuaries Climate Index Development and Design” の “Figure7. Regions used in the ACI” より、筆者作成

2 | 指数は、月ごとと季節ごとの値として表されている

ACI は、月ごとおよび季節ごとに設けられている。併せて、月の 5 年移動平均、季節の 5 年移動平均の指数も設定されている。気候変動を、長いスパンで捉えようとするものと考えられる。

3 | 指数は、高温、低温、降水、乾燥、強風、海面の 6 項目からなる

ACI は、高温、低温、降水、乾燥、強風、海面の 6 項目からなる。毎月、地域ごとに、各項目と、それらを統合した ACI の指数が計算されている。

このうち、高温は、参照期間中の気温分布に照らした場合に、月(もしくは季節)のうち、上側 10% の中に入る日が、何日を占めるかという割合をみる。同様に、低温は、下側 10% の中に入る日が、何日を占めるかという割合をみる。降水は、月(もしくは季節)のうち、連続する 5 日間の降水量(降雪も含む)の最大値をみる。乾燥は、降水量が 1 ミリメートル未満の、乾燥日が連続する日数をとる。乾燥は、年間のデータしかとれない³ため、月(もしくは季節)のデータに換算する際には、線形補間をする。

強風は、参照期間中の日中平均風力分布に照らした場合に、月(もしくは季節)のうち、上側 10% の中に入る日が、何日を占めるかという割合をみる。海面は、時系列の海面データから月(もしくは季節)の、参照期間からの乖離度を算出して使用する。

4 | 指数は、異常なしをゼロとして、プラスとマイナスの乖離度の大きさを表される

ACI や構成要素の計算にあたり、1961～1990 年の 30 年間で、参照期間とする。そして、あらかじめ構成要素それぞれについて、参照期間中の計数値の平均と標準偏差を求めておく。

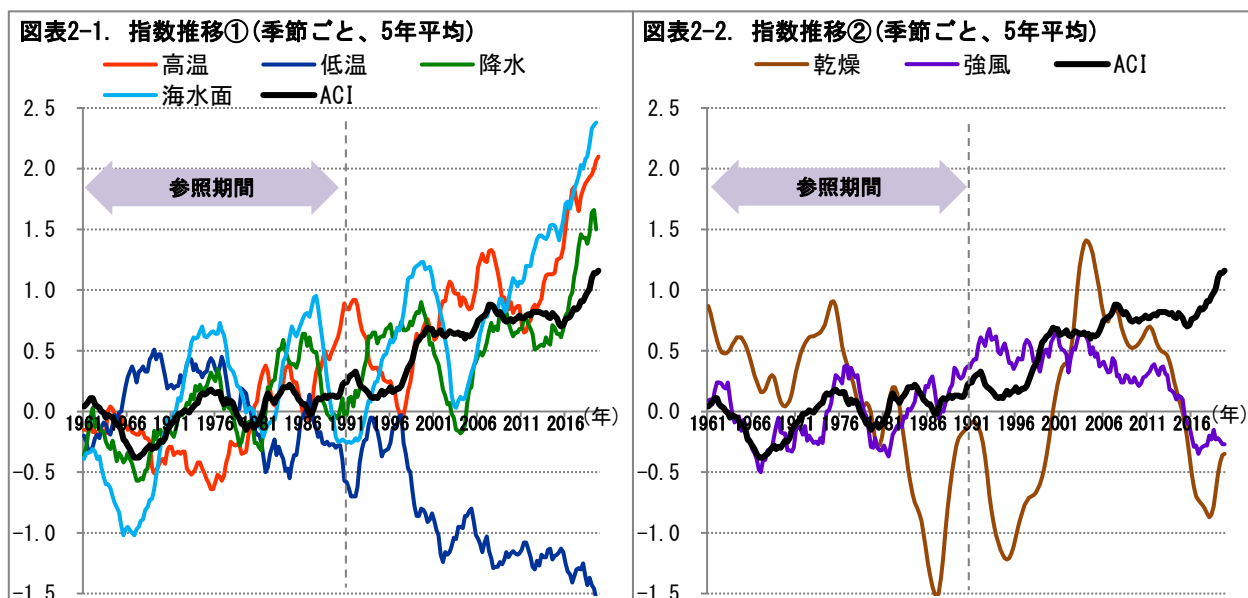
具体的に、ある月、ある地域のある項目の指数をどう計算するか、みてみよう。そのためには、まずその月の計数値から、参照期間中の同じ月の計数値の平均を引き算する。そして、その引き算の結果を、参照期間中の同じ月の計数値の標準偏差で割り算する。このようにすることで、その月の計数

³ 乾燥のベースとなる GHCN のデータからは年間でのデータしか取得できない。

値が、標準偏差の何倍くらい、平均から乖離しているかという、乖離度が計算できる。この乖離度を、6つの項目それぞれで計算して、その平均をACIとする。

3—これまでのACIの推移

ここで、これまでのACIの推移を、見ておこう。指数には、毎月の指数と季節ごとの指数がある。また、それぞれに単月(季節)の指数と、5年平均の指数がある。アメリカとカナダのアクチュアリー会が、主として公表しているのは、季節ごとの5年平均の指数となっている。これを、全体のACIと、各項目ごとに示すと、次の図表の通りとなる。



※ 図表 2-1、2-2とも、ACI_v1.1_Values_Through_Nov_2019_in_English.xlsx (Society of Actuaries)より、筆者作成

1961～1990年は参照期間であり、この期間に渡るACI等の平均は0となる。実際にこの期間のACI等の推移を見ると、横軸の付近で推移している。参照後期間となる1991年以降、ACIや高温、海面、降水の数値は高くなっている。逆に、低温は低くなっている。また、乾燥や強風は上下動が激しさを増している。ACIは、2019年秋期(9～11月)に、1.16の過去最高値をマークしている。近年、北米地域において、気候の異常度合いが高まっていることがわかる。

4—リスク指数の開発

異常気象が、社会経済に与える影響を定量的に表すために、アクチュアリー気候リスク指数(ACRI)の開発が進められた。2020年1月に、そのバージョン1.0が公表された⁴。その内容をみていこう。

1 | 今回公表されたACRIは、アメリカ分のみ

ACRIは、ACIと同様、アメリカとカナダを対象とすることを目指している。しかし、今回公表されたバージョン1.0は、アメリカの7つの地域のみが対象とされた。これは、アメリカとカナダで取り扱う災害データの内容が異なり、カナダのデータ数が少なかったことによる⁵。

⁴ 実は、この前に、Solterra Solutionsが作成したバージョン0.1がある。このバージョン0.1は、アクチュアリー会では未承認だが、考え方の基礎をなしているとされる。

⁵ カナダのデータでは、分析対象の3,360地域・月(=5地域×56年(1961～2016年)×12月)のうち、約8%の275地域・月にしか損害のデータがなかった。

2 | 今回公表された ACRI は財産の損害のみ

ACRI は、生命の損失、負傷など、さまざまな損害を対象とすることを目標としている。しかし、今回公表されたバージョン 1.0 は、財産の損害に限られた。これは、ベースとしている災害データうち、信頼度の高いデータとして、財産の損害のみを取り扱ったためとされる。

ACRI は、全米海洋大気庁 (NOAA⁶) の Storm Events Database というデータベースをもとに作られた、SHELDUS⁷ と呼ばれるデータが使用されている。Storm Events Database には、アメリカで発生した 50 種類以上の自然災害について、物的損害、作物の損害、人命の損失・負傷が含まれている。

3 | 損害額を対数換算して、4 つの変数の回帰式で表すモデルを構築

ACRI を計算するためには、さまざまな災害による被害を金額換算して、損害額 (Loss) を計算することが必要となる。金額換算では、インフレを加味した 2016 年基準ドル換算が用いられている。Loss は、地域・月ごとに、モデルに含まれる要因以外を考慮して損失を測るための切片 (I)、地域・月の資産価値 (推定値) を表すエクスポージャー、4 つの環境条件 (降水、低温、高温、強風) の変数によって表される関数として、つぎのように表現されると仮定している⁸。

$$\text{Loss} = I \times (\text{エクスポージャー})^e \times (\text{降水})^p \times (\text{低温})^l \times (\text{高温})^h \times (\text{強風})^w \quad [\text{ドル}]$$

e、p、l、h、w は、それぞれの変数に対する指数で、変数の変化に応じて損失が増減する感度を表すパラメータである。過去のデータをもとに、これらのパラメータを推定していくこととなる。

ただし、Loss を実額のまま取り扱っていると、損害の発生した地域・月と、発生しなかった地域・月の間の差が大きく、分布が大きく歪んだ形となってしまう。そこで、Loss を対数換算することで、その歪みを小さくして、回帰計算等の作業処理がしやすい形としている。

具体的には、つぎの算式で、 $\ln(\text{Loss})$ のモデル化を行っている。 $\ln(\circ)$ は、 \circ の自然対数を表す)

$$\ln(\text{Loss}) = \ln(I) + e \times \ln(\text{エクスポージャー}) + p \times \ln(\text{降水}) + l \times \ln(\text{低温}) + h \times \ln(\text{高温}) + w \times \ln(\text{強風})$$

この算式で、84 の地域・月 (=7 地域×12 月) につき、パラメータを推定する。各地域・月のデータは 1961~2016 年の 56 個しかない⁹ ため、パラメータの推定値には相当なブレが含まれることとなる。

図表 3. 信頼水準 90% で有意なパラメータ推定のまとめ

	統計的に有意な地域・月の割合 (全 84 地域・月のうち)	統計的に有意な値についての平均値	統計的に有意ではない地域・月も含む全体の平均値
エクスポージャー	70%	1.84	1.29
降水	54%	4.13	2.21
低温	12%	1.12	0.13
高温	19%	1.11	0.21
強風	15%	2.80	0.43

※ 注記 2 の資料の “Table 2: Summary of Parameter Estimates Significant at the 90% Confidence Level” をもとに筆者作成

4 | 地域レベルの推定の安定度は低い

$\ln(\text{Loss})$ の算式によるモデル化においては、アメリカ全体では推定の安定度が高かった。一方、地域レベルでの推定や、地域・月レベルでの推定では、安定度が低かった。たとえば、推定の安定度を決定係数で見ると、アメリカ全体は 0.62 なのに対し、各地域は 0.22~0.50 の範囲にとどまっている。

⁶ NOAA は、National Oceanic and Atmospheric Administration の略。

⁷ SHELDUS は、Spatial Hazard Events and Losses Database for the United States の略。

⁸ ACI の項目のうち、海水面と、乾燥は ACRI には用いられていない。海水面は、内陸にある「中西部」で観測できないためとしており、予備分析では、海水面を除外しても説明力があまり失われないことを確認したとしている。また、乾燥は、年データを補間して月データを算出しており、直接獲得できるわけではないためとしている。

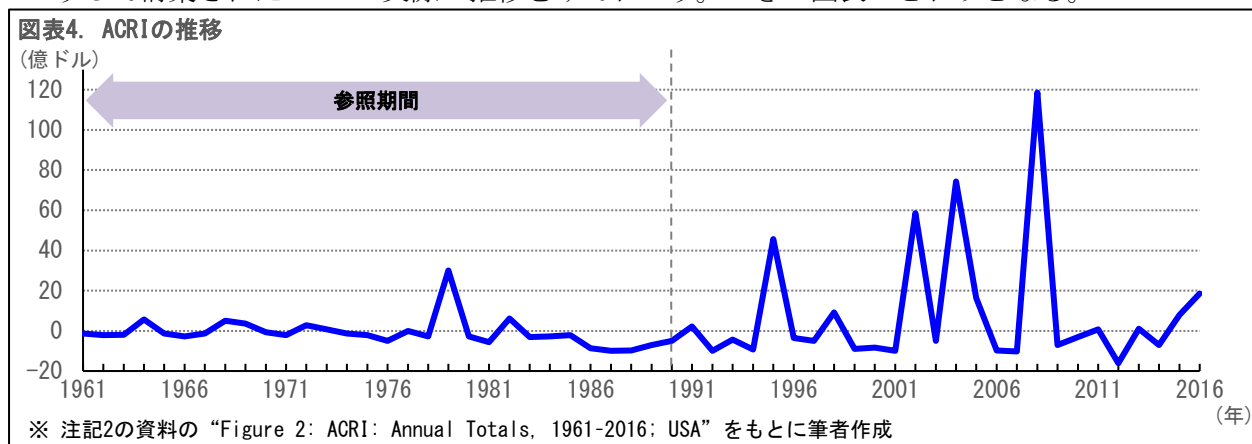
⁹ たとえば、「平原南部」の「3 月」のデータは、同地域の 1961~2016 年の 3 月のデータ、すなわち 56 個しかない。

5 | ACRI は、損失額から参照期間中の平均損失額を差し引いて計算する

以上のように、パラメータを推定して、モデルを作ることができる。このモデルに、エクスポージャーや4つの変数(降水、低温、高温、強風)を代入することで、モデル化された損失額が計算できる。計算された各年の損失額から、参照期間中の損失額の平均を差し引くことで、ACRI が計算される。ただし、パラメータが統計的に有意でない場合には、モデルによる計算は行わず、ACRI はゼロとなる。

5—ACRI の推移

こうして構築された ACRI の実際の推移をみておこう。つぎの図表のとおりとなる。



参照期間中の ACRI の平均は、ゼロとなる。1979 年に 31 億ドルとなり、この間の最高値となっている。30 年のうち、22 年は ACRI がマイナスであり、多くの年は平穏であった、とみることができる。

一方、1991 年以降、ACRI が 40 億ドル超の年が 4 つある。特に、2008 年には 120 億ドル近くまで上昇した。同年 6 月に中西部で発生した、大洪水の損害によるものとみられる。このように、年次によっては自然災害で巨額の損失が発生することを示している。なお、ACRI は 1991 年以降も 14 年でマイナスとなっている。近年、年次ごとの ACRI の変動が激しくなっている様子がうかがえる。

6—おわりに (私見)

今回、公表された ACRI バージョン 1.0 は、アメリカの財産の損害のみを対象とする、限定的なものであった。その内容をみると、ACI と同様に、過去の推移を数量で表示するものとなっている。これにより、リスクの定量化を定期的に更新する枠組みが整えられたといえる。今後は、カナダ地域への拡張や、作物の損害、人命の喪失・負傷の表示といった、同指数の機能向上が期待される。

地球温暖化を背景とした、気候変動の問題は、北米地域にとどまるものではない。日本でも、スーパー台風¹⁰の襲来や、ゲリラ豪雨¹¹、南岸低気圧等による激甚災害の発生懸念が高まっている。こうしたリスクを定量的に示すためには、データによる指数化が重要であると考えられる。今後、同様の取り組みが、日本を含めて、世界各国に広がっていくことが期待される。

引き続き、リスクの定量化、指数化の動向について、ウォッチしていくこととしたい。

¹⁰ アメリカ海軍の合同台風警報センター(JTWC)は、最大風速(10分間平均)が130ノット(秒速約67メートル)以上の熱帯低気圧を、スーパー台風として統計をとっている。なお、日本では、気象庁が、34ノット(秒速約17メートル)以上のものを、台風としている。このうち、105ノット(秒速約54メートル)以上のものを、猛烈な台風としている。

¹¹ 気象庁の用語では、集中豪雨(同じような場所で数時間にわたり強く降り、100mmから数百mmの雨量をもたらす雨)や、局地的大雨(急に強く降り、数十分の短時間に狭い範囲に数十mm程度の雨量をもたらす雨)が用いられる。