

# 保険・年金 フォーカス

## 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？

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

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)の開発を進め、2016年11月に、その成果を公表した。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としており、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。

ACIは、幅広い利用者を念頭において開発されている。想定される利用者の範囲は、アクチュアリーをはじめ、保険会社の経営者、公共政策の立案・検討を行う公的部門の担当者、そして一般市民にまで及ぶ。このため、ACIは、統計的に適切に確立されたものであることに加えて、誰でも一目で理解できるような明快さを兼ね備えたものとなっている。

21世紀には、地球温暖化を背景に、グローバルな気候変動が進むものと予測されている。その中で、北米でのこうした取り組みには、各国のアクチュアリーが注目をしている。本稿では、ACIの概要を紹介するとともに、その活用の広がりについても検討することとしたい。

### 2—ACIの枠組み

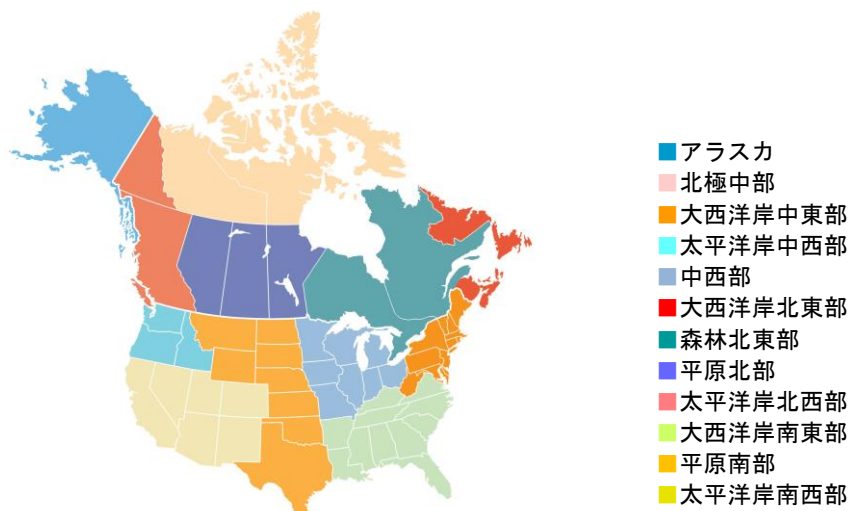
まず、開発されたACIの枠組みについて、概観していこう。

#### 1 | 北米を12の地域に分けて、地域ごとに指数を開発

一口に北米と言っても、北部の北極地域から、南部のメキシコ湾岸まで、範囲は広大である。気候区分で言えば、フロリダ半島の一部が属する熱帯気候、ラスベガス近辺の乾燥帯気候、太平洋岸・大西洋岸の温帯気候、カナダの広範囲を占める冷帯気候、北極付近の寒帯気候と、多様な気候を有している<sup>1</sup>。そこで、気候が類似する地域として、アメリカとカナダを、それぞれ7つ、5つの地域に分けて、指数を設けている。併せて、アメリカ全体、カナダ全体、北米全体の指数も、設定している。

<sup>1</sup> ドイツの気候学者ケッペンが考案した、ケッペンの気候区分法が有名。この区分法では、世界各地の植生の相違を、気温と降水量に置き換えることで、区分の明確化を可能としている。

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 | 月ごとと季節ごとの指数がある

指数は、月ごとおよび季節ごとに設けられている。そして、単月(季節)の指数と併せて、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。これは、気候変動を、日単位や週単位ではなく、より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、0 を異常なしとして、プラスとマイナスの乖離度の大きさを表される

指数は、6つの項目の乖離度をもとに計算される。6つの項目とは、高温、低温、降水、乾燥、強風、海水面を指す。計算にあたり、1961年～1990年の30年間を、参照期間とする。そして、あらかじめ、各項目の計数値について、参照期間中の平均と標準偏差を求めておく。

ある1つの項目に、注目する。この項目について、ある月の乖離度を求めることにしよう。そのためには、その月の計数値から、参照期間中の平均を引き算する。その引き算の結果を、参照期間中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。

乖離度が標準正規分布に従うものと想定すると、-1から1の間に入る確率は、約68.3%となる。逆に、乖離度が1を超える確率は、約15.9%となる。乖離度が2を超えるのは珍しいことで、その確率は、約2.3%。乖離度が3を超えるのは大変珍しいことで、約0.1%の確率となる。このようにして、異常の度合いが、定量化される。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——ACIの各項目細部の作成方法

指数を理解するにあたり、その作成方法を大まかに理解しておくことは必要であろう。以下では、ポイントを絞って、項目別に、作成方法を概観していく。いずれも、異常の度合いを示すものとして、乖離度を用いるという方針が貫かれている。

## 1 | 高温は、上側 10%に入る日の割合から算出

高温は、Global Historical Climatology Network(GHCN) のデータを用いる<sup>2</sup>。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とる。気温は、1 日のうちにも変動するため、最高気温と最低気温のそれぞれについて、その割合をとる。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、それぞれの乖離度が計算される。そして、その和半をとって、高温の乖離度とする。

## 2 | 低温は、下側 10%に入る日の割合から算出

低温は、高温と同様に、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、下側 10%の中に入る日が、何日を占めるかという割合をとる。1 日の最高気温と最低気温のそれぞれについて、その割合をとる。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、それぞれの乖離度が計算される。そして、その和半をとって、低温の乖離度とする。なお、低温の乖離度は、負値で表示される。そこで、他の項目の乖離度と比較する際には、マイナス記号を付けて正の値に変換される。

## 3 | 降水は、5 日間の降水量の最大値から算出

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、ミリメートル単位でとる。高温や低温と同様に、参照期間中の降水分布に照らして、月(もしくは季節)の、参照期間からの乖離度が計算される。

## 4 | 乾燥は、乾燥日が連続する日数から算出

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について、データをとる。気温や降水と異なり、乾燥については、GHCN のデータからは年間でのデータしか取得できない。このため、年間データを線形補間して、月(もしくは季節)のデータとする。気温や降水と同様に、参照期間中の乾燥日数に照らして、月(もしくは季節)の、参照期間からの乖離度が計算される。

## 5 | 強風は、上側 10%に入る日の割合から算出

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とる。そのために、まず、風速のデータが、風力に変換される。風力は、単位面積が単位時間に受けるエネルギーを指す。具体的には、風速の 3 乗に、大気密度<sup>3</sup>を乗じて、2 で割り算をして得られる。風速のデータは、National Centers for Environmental Prediction(NCEP)のデータ<sup>4</sup>を用いる。

参照期間中の強風の分布に照らして、月(もしくは季節)の、参照期間からの乖離度が計算される。

## 6 | 海水面は、参照期間中の同じ月のデータから算出

<sup>2</sup> GHCN-Daily と呼ばれる。世界の 180 を超える国と地域の地表に設置されている 90,000 カ所を超えるステーションの気候データを統合したデータベース。アメリカ海洋大気庁(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)が所管している。地表を経度、緯度とも 2.5 度ごとの区域に分けて、各区域の気候データを収集している。

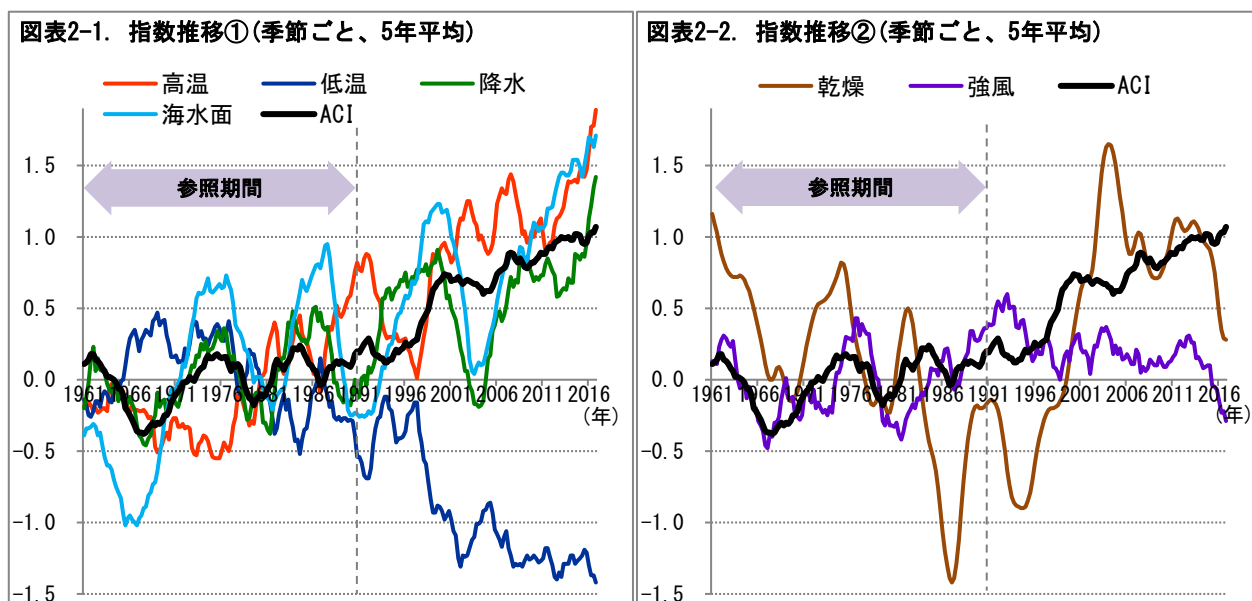
<sup>3</sup> 大気密度は、1.293kg/m<sup>3</sup> という固定値となる。

<sup>4</sup> National Center for Atmospheric Research(NCAR)と合同で行われた調査のデータ。経度、緯度とも 2.5 度ごとの区域に分けた上で、取得される地表の風速データが用いられる。

海水面は、時系列の海水面データから算出される<sup>5</sup>。ただし、季節によって海水面の高さは変わる。そこで、参照期間中の30年間の毎月のデータのうち、1月のデータ、2月のデータ、…(冬季のデータ、春季のデータ、…)など、同じ月(季節)の30個のデータをもとに、参照期間の平均や標準偏差を計算する。これらをもとに、参照期間からの乖離度が計算される。

#### 4—今回公表された指数のこれまでの推移

ここで、今回公表された指数のこれまでの推移を、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年平均の指数の推移となっている。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、Actuaries-Climate-Index-Values-Through-November-2016\_Fall-2016 より、筆者作成

1961年から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。ACI等の推移を見ると、実際に、横軸の付近で推移している。1991年以降、ACIの数値は、徐々に高くなっている。2016年秋期(9~11月)には、5年平均のACIは、1.07となっている。近年、北米の気候の異常度合いが高まっていることが、定量的に示されている。

項目ごとに見ると、高温、低温の負値<sup>6</sup>、降水、海水面の4つは、長期的に上昇傾向にあることがうかがえる。これらは、ACIと同様、それぞれの異常度合いが高まっているものと見ることができる。

一方、乾燥と強風の2項目については、ACIとはあまり関係なく、独自の変動を見せている。特に、乾燥は、他の項目に比べて、上下の振幅の幅が大きい。これらについては、年ごとの違いの観測を、慎重に進めていく必要があるものと考えられる。

<sup>5</sup> Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) の76カ所のステーションのデータが用いられる。これは、経度、緯度とも2.5度ごとの海域ごとに設けられた計潮器がベースとなる。得られたデータは、地上に対する相対的な海水面であるため、陸地の上下動の影響を除いた、絶対的な海水面のデータに調整する必要がある。そのために、ICE-5Gと呼ばれる調整モデルが利用される。

<sup>6</sup> 6つの項目のうち、低温だけは、乖離が負の方向に進んでいく。このため、低温は負値をとってみたいいていく必要がある。ACIの計算式では、低温は負値をとって、他の項目との平均を計算する。

## 5—リスク指数の開発

ACI は、気候の異常度合いを表す指数である。その異常が、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(Actuaries Climate Risk Index, ACRI)の開発が進められてきた。ACRI は、ACI の構成要素の6つの項目と、経済損失・人的損失との相関関係を表す指数である。アメリカについては、Spatial Hazard Events and Losses Database for the United States(SHELDUS)、カナダについては、Canadian Disaster Database のデータが用いられる。

ACRI は、北米地域における保険事業での活用を目的としている。これまでの分析で、次のような相関関係が確認されている<sup>7</sup>。

図表 3. 相関関係

事象	統計的に有意に相関関係があるとされた地域数(12地域中)
死亡率・傷害と、高温	4地域
洪水被害と、5日間の降水量の最大値	8地域
旱魃(かんばつ)被害と、高温	3地域
山火事被害と、連続乾燥日数	2地域
強風被害と、風力	7地域

※ “An Introduction to the Actuaries Climate Index and the Actuaries Climate Risk Index” (SOA, Actuaries Climate Index Webcast, May 18, 2017) の内容をもとに、筆者作成

アメリカアクチュアリー会(American Academy of Actuaries, AAA)によると、ACRI は、2018年の第1四半期までに公表される見通しとなっている。

## 6—ヨーロッパの動向

ACI に対しては、ヨーロッパのアクチュアリーから、強い関心が寄せられている。特に、イギリスでは、ACI をヨーロッパで導入する場合の試算や、課題の分析が行われている。そして、その結論として、指数の計算方法については、特に変更なく用いることができる。問題となるのは、指数の計算に用いるデータの設定や取得についてであるとしている。分析では、具体的なデータの候補を挙げて、長所・短所の整理を行っている<sup>8</sup>。

## 7—おわりに(私見)

地球温暖化を背景に、グローバルな気候変動が進みつつあると言われる。日本でも、スーパー台風<sup>9</sup>の襲来や、ゲリラ豪雨<sup>10</sup>等の異常気象への懸念が、高まっているものと見られる。こうした懸念を定量的に示すために、データの指数化は、重要と考えられる。北米でのアクチュアリー会による気候指数や気候リスク指数の開発の動きは、こうした取り組みの先鞭をつけるものとなっている。今後、同様の取り組みが、ヨーロッパをはじめ、世界的に広がっていくことが考えられる。

日本でも、これから、気候変動の「見える化」が、ますます求められるようになるだろう。そうしたことを念頭に置きつつ、欧米での指数化の動きを、ウォッチしていく必要があるだろう。

<sup>7</sup> 相関関係が見られなかった地域については、他の地域の平均や、他の特定の地域のもので代用することとしている。

<sup>8</sup> “Extension of the Actuaries Climate Index to the UK and Europe” (C. L. Curry, December 2015)より。

<sup>9</sup> 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。

<sup>10</sup> 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。