

## Event Attribution (イベントアトリビューション)

森 正人\*1・今田 由紀子\*2・塩 竈 秀夫\*3・渡部 雅浩\*4

ここ十年ほどの間に、人間活動（特に温室効果気体の排出）が全球的な気候変化に影響していることが確実視されるようになってきた。地球温暖化の地域気候や顕著気象現象への影響も広範に調べられているが、それらは温暖化の進んだ今世紀後半に平均統計としてどうなるか、といった議論で、特定の年に起きた熱波や干ばつなどの異常天候に地球温暖化がどこまで関わっているのかという疑問に直接答えるものではない。一方、近年では、2010年の猛暑や2012年の九州の大雨などの現象が起こると、「これは地球温暖化のせいなのか？」という問いが一般社会から出てくることも多くなった。したがって、こうした疑問に対して科学的根拠を持つ回答を提供することが必要になってきている。

気候システムに対する外力は、太陽活動や火山噴火などの自然強制と、人間活動に起因する大気中の温室効果気体やエアロゾルの変化などの人為強制に分けることができる。観測データから気候の変動を同定し、それに対する人為強制の影響を定量的に評価（アトリビューション）する試みは、Detection and Attribution (D&A) と呼ばれ、地球温暖化研究の中で一定の割合を占めている (Stott *et al.* 2010)。強制の多くは全球的な空間規模で緩やかに変化するために、人為強制に対する応答を特定する D&A も、気候平均状態の変化や長期の変化傾向（トレンド）について、また

全球平均値や帯状平均値などの時空間スケールで行われてきた。これに対して、ある年に起きた特定の異常天候や極端現象などの地域的気象イベントに関して人間活動の影響を評価する試みが Event Attribution (EA) と呼ばれるものである (Christidis *et al.* 2013)。異常天候や極端現象は人為影響の有無に関わらず気候システムの中で自然に生じ得るため、ある特定のイベントの発生が決定論的に人間活動に起因すると判断することはできない。しかしながら、イベントの発生確率は外力の変化によって変調を受けることが予想され (Palmer 1999)、人為強制によってイベントの発生確率がどの程度変化したのかを評価することは可能である (Allen 2003; Stott *et al.* 2004; Pall *et al.* 2011)。

EA の最初の例として、Stott *et al.* (2004) は、ヨーロッパにおける夏の平均気温がある閾値を超えるリスクが、人間活動によってどのように変化しているのかを見積った。彼らは、大気海洋結合モデルを用いた2種類の実験（全ての外力で強制された20世紀気候変化の再現実験、および自然強制のみで駆動された自然強制実験）を比較することで、2003年にヨーロッパで観測された熱波を超えるイベントが発生するリスクが、人間活動によって少なくとも2倍になっていると推定した。また Pall *et al.* (2011) は、同様の実験を、観測された海面水温・海水被覆ならびにその時の外力を与えた大気大循環モデル (AGCM) で行った。この時、自然強制実験では、人為起源の温室効果気体を除く外力と、温室効果気体の影響（温暖化成分）を取り除いた海面水温・海水被覆の境界条件を AGCM に与えている。2000を超えるアンサンブルメンバから作成された確率密度関数の比較から、彼らはイギリスのウェールズで2000年の秋に発生した洪水のリスクが

\*1 (連絡責任著者) Masato MORI, 東京大学大気海洋研究所, masato@aori.u-tokyo.ac.jp

\*2 Yukiko IMADA, 東京大学大気海洋研究所.

\*3 Hideo SHIOGAMA, 国立環境研究所.

\*4 Masahiro WATANABE, 東京大学大気海洋研究所.

温室効果気体の増加によって増大したと結論付けている。

D&A では、気候モデルを用いたアンサンブル実験で、人間活動に起因する変化と自然変動に起因する変化の切り分けを行う。D&A の新しい展開である EA もこの手法を踏襲するが、ある年に発生したイベントに注目するという点で従来の D&A とは異なる。そのため EA では、対象とする顕著イベントがモデルの中である程度再現されることが前提となり、現状では Pall *et al.* (2011) のように観測された海面水温・海氷被覆を与えた AGCM が用いられることが多い。また、顕著イベントの発生リスクを評価するために大量のアンサンブルメンバ数で実験が行われる点も従来の D&A とは異なる。

EA では自然強制実験の設定が重要になる。Pall *et al.* (2011) の例では、人為影響を取り除いた海面水温・海氷被覆を事前に推定するため、EA の結果（ある事象に対して人為影響がどの程度発生確率を変えたか）がその推定方法に依存する可能性がある。また、人為影響がない場合の設定は仮想的なものなので、自然強制実験の結果の妥当性を検証する術がない。そこで、上記の問題による不確実性低減のために、複数のモデルを用いたり、海面水温・海氷被覆の「温暖化成分」を異なる手法で推定したりといった試行もなされている (Christidis *et al.* 2013)。一方で、この手の研究はともすれば統計的な議論に終始しがちで、「人為強制によってどのように顕著イベントの発生確率が変調したのか？」という気象学的な疑問に十分に答えられていない場合がある。より信頼性の高い気候評価情

報の創出のためには、数値モデルのさらなる改良はもちろん、イベントの力学的・熱力学的な要因分析を基礎とした EA 研究も必要であろう。過去に生じた顕著現象に対して科学的根拠をもつ回答を提供するだけでなく、将来の自然災害リスクへの対応の指針を与えることになるような展開を期待したい。

#### 参 考 文 献

- Allen, M. R., 2003: Liability for climate change. *Nature*, 421, 891-892.
- Christidis, N., P. A. Stott, A. A. Scaife, A. Arribas, G. S. Jones, D. Copesey, J. R. Knight and W. J. Tennant, 2013: A new HadGEM3-A based system for attribution of weather and climate-related extreme events. *J. Climate*, doi:<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00169.1>.
- Pall, P., T. Aina, D. A. Stone, P. A. Stott, T. Nozawa, A. G. J. Hilberts, D. Lohmann and M. R. Allen, 2011: Anthropogenic greenhouse gas contribution to flood risk in England and Wales in autumn 2000. *Nature*, 470, 382-385.
- Palmer, T. N., 1999: A nonlinear dynamical perspective on climate prediction. *J. Climate*, 12, 575-591.
- Stott, P. A., D. A. Stone and M. R. Allen, 2004: Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, 432, 610-614.
- Stott, P. A., N. P. Gillett, G. C. Hegerl, D. J. Karoly, D. A. Stone, X. Zhang and F. Zwiers, 2010: Detection and attribution of climate change: a regional perspective. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change*, 1, 192-211.