2003年夏のヨーロッパ、あの猛暑は誰のせい？

Hot news from summer 2003

Christoph Schär and Gerd Jendritzky

2003年、ヨーロッパは熱波に見舞われた。あれは、単なる珍しい気象現象だったのだろうか、それとも初めて垣間見ることのできた未来の気候変動の姿だったのだろうか？　おそらくその両方だったのだろう、という答えが示され、人間活動による影響を定量化できることが明らかになった。

Nature Vol.432(559-560)/ 2 December 2004

2003年夏のヨーロッパの気象状態は極めて異常で[1]、猛暑と日照りの日々が続いた[2,3]。ヨーロッパ大陸北部の人々にとっては美しく温暖な夏だったが、中部や南西部では厳しい暑さが長く続き、経済的にも社会的にも悲惨な結果が生じた（コラム参照）。

この熱波による影響が深刻であったことから、2003年夏の気候状態は、人為的な気候変動の証拠なのかどうかという疑問が生じた。*Nature* 2004年12月2日号に発表されたStott, Stone and Allenの論文[4]は、この難問解明への大きな一歩だと言える。従来の研究では、最近のヨーロッパの夏の気候変化が、気候変動シナリオと矛盾しないことが判明していた[5,6]が、因果関係を厳密に特定しようという研究は行われていなかった。もちろん、大気はカオス的な動的システムであり、異常気象を示した1つのエピソードと大気組成変化との因果関係を特定することは不可能である。それでも、自然の気候モデル条件や人為的に手を加えた気候条件における、特定の天気事象の発生確率あるいは発生リスクを推定することは可能だ。Stottたちは、この方法を使ったのだった。

Stottたちは、現在有力な地球規模の気候モデルの1つを用いて、1900年以降の2種類の気候シミュレーションについて、ヨーロッパにおける夏季温度の確率分布を得た。第1のシミュレーションには、過去の太陽活動や火山活動の変動が気候に与えた影響と、人間活動による影響（温室効果ガス濃度の上昇を含む）が反映されている。第2は、自然の要素だけを規定して自然の気候をシミュレーションしたものとなっている。次にStottたちは、猛暑の夏となるリスクが、人間活動による温室効果ガスの排出によってどれだけ変動したかを算定した。その際、夏季気温の観測値とシミュレーションの比較結果を用いて、人為的な温暖化の不確定性と自然変動に対応した。そして、Stottたちは、人間が気候システムに及ぼす影響が、ヨーロッパの夏が2003年のような猛暑となるリスクの半分以上を占めているとする解析結果を得た。信頼水準は90%超だった。

方法論的に見た場合、Stottたち[4]が用いた研究方法は、地球規模での気候変動を検出し、検出された変動の原因を特定するために考案されたものである。このような研究には長い歴史があり、そのいずれの研究においても、人間活動の著しい程度での寄与なしに過去30～50年間の地球規模での気候記録を説明できないことが判明していた[7,8]。今回のStottたちの研究は、こういった従来の研究結果とも整合性がある。それは、極度の熱波発生の確率が平均気温の上昇とともに必ず変動するからである。Stottたちの解析作業の詳細はかなり複雑だが、主要な結果についての基本的な解釈は比較的単純である。すなわち、人間活動による温暖化があると、夏季温度の統計的分布が温度の高い側に移動し、これが、気温分布の高温側の閾値を超える気温を記録する確率に極めて大きな影響を与えるということだった。

ただし、Stottたちの研究には2つの点で限界が見られる。第1にStottたちの論文は、（極度の熱波に見舞われた8月上旬ではなく）2003年夏全体を解析対象とし、対象地域をヨーロッパ大陸全体と南欧とした点（熱

©2005 NPG Nature Asia-Pacific

波が最も厳しかった中欧に絞っていない点）である。より短期的で小規模な熱波を考察するためには、計算分解能を高める必要があり[9]、陸面過程の複雑な要素を考慮に入れる必要がある[1,3]。これらの要素は難しい課題だ。第2に特定の結果に対する原因の発見を試みる研究においては、自然の気候変動を示すことが一般的に難しい点である。Stott たちの論文によれば、彼らのモデルでは、ヨーロッパ大陸での気候変動スペクトルが1年前との比較、10年前との比較という時間スケールで適切に示されていると主張されている。しかし、気候モデルから推定される自然の気候変動でも観測結果から推定される自然の気候変動でも、高い不確定性を伴う[8]ため、この Stott たちの結論を裏づけるには、より詳細な研究が必要となろう。

それでも、Stott たちの研究成果は、具体的な極端な気候事象に対する人間活動による影響を初めて検出した点でブレークスルーである。極端な気候事象は、特に人間の営みに影響を与え、気候変動の特徴の中でも最も注目すべきものの1つとなっている。Allen と Lord の Commentary 記事[10]では、緻密な解析を行うことで、気候変動によって生じた費用の賠償を求める訴訟が可能となると論じられている。こうした「帰属研究」の登場によって、気候変動の影響を緩和し、影響に適応し、それによって生じた費用を最終的に負担する方法を決める国際的な話し合いの流れが大きく影響を受けるかもしれないのだ。 ■

スイス連邦工科大学大気気候学研究所、Christoph Schär
ドイツ気象台、Gerd Jendritzky

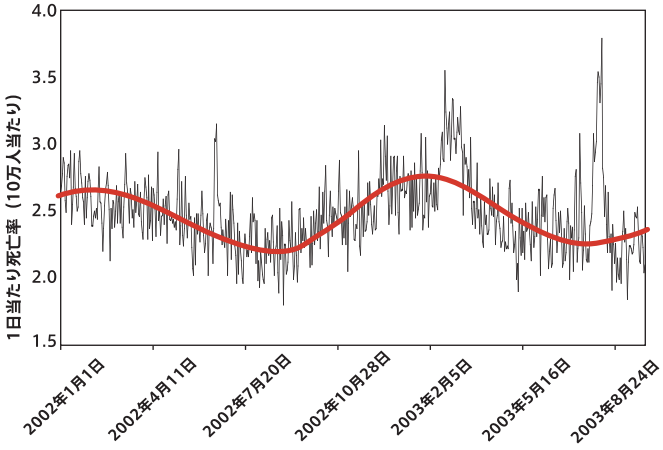
1. Black, E., Blackburn, M., Harrison, G., Hoskins, B. J. & Methven, J.Weather 59, 217-223 (2004).
2. Luterbacher, J. et al. Science 303, 1499-1503 (2004).
3. Schär, C. et al. Nature 427, 332-336 (2004).
4. Stott, P. A., Stone,D. A. & Allen, M. R. Nature 432, 610-614 (2004).
5. Pal, J. S., Giorgi, F. & Bi, X. Geophys. Res. Lett. 31, L13202 (2004).
6. Meehl, G. A. & Tebaldi, C. Science 305, 994-997 (2004).
7. Hegerl, G. C. et al. J. Clim. 9, 2281-2306 (1996).
8. Mitchell, J. F. B. et al. in Climate Change 2001: The Scientific Basis (eds Houghton, J. T. et al.) 605-738 (Cambridge Univ. Press, 2001).
9. Christensen, J. H. & Christensen, O. B. Nature 421, 805-806 (2002).
10. Allen, M. R. & Lord, R. Nature 432, 551-552 (2004).
11. International Federation of Red Cross and Red Crescent: World Disasters Report www.ifrc.org/publicat/wdr2004/chapter2.asp
12. Hémon, D. & Jougla, E. Surmortalit liée á la canicule d' août 2003 (INSERM, Paris, 2004); www.inserm.fr
13. Koppe, C. & Jendritzky, G. in Gesundheitliche Auswirkungen der Hitzewelle im August 2003 (Sozialministerium Baden-Württemberg, Stuttgart, 2004); www.gesundheit-bw.de/download/bericht_gesundh_auswirkungen.pdf

コラム　熱波の爪あと

再保険会社の推計によれば、2003年夏の干ばつによって、約123億米ドル（1兆2,900億円）相当の（無保険）作物が被害を受け、ポルトガルの山火事では、さらに16億米ドル（約1,700億円）の損害が発生した。電力需要の増大に対して、ヨーロッパの電力市場は迷走した。冷却水不足により発電所は発電量カットに追い込まれ、電力のスポット価格は1メガワット時当たり100ユーロ（約14,000円）を超えた。アルプス山脈では、多くの氷河が史上最高の溶解量を記録し、永久凍土層の溶解によって一連の大量落石が起こった。

しかしトップニュースを飾ったは、8月1～15日に亡くなった人々の、異常に多い数だった。平均死亡率に対する統計的超過をもとになされた推定によれば、ヨーロッパ全体で猛暑の関連による死者数は22,000～35,000人にのぼるとされている[11]。フランスでは、この2週間における死亡率が通常の54％増となり、フランス国内の22地域すべてと45歳超の年齢層すべてで、死亡率増加に統計的有意性があった[12]。

図は、参考文献13から再作成されたもので、バーデンヴュルテンベルク（独）での20ヶ月間における1日当たり死亡率が示され、ここには熱波のあった2003年8月も含まれている。1日当たり死者総数のデータは黒で示され、平均季節変動が赤で示されている。注目すべき特徴はその季節サイクルで、死亡率は冬に高くなっている。暑さと関係する死者は2002年6月にピークがあり、インフルエンザの大流行の影響は2003年2～3月に見られる。そして著しく高いピークが2003年8月に見られる。これが熱波の影響で、人口1,070万人に対して通常よりも900～1,300人も多くの人々が命を落としたのだった。 **C.S. & G.J.**



©2005 NPG Nature Asia-Pacific