

## 論文内容の要旨

論文題目：

Decadal Shifts and their Impact on Climate of East and Southern Africa  
(数十年周期変動と東アフリカ・南アフリカ気候への影響)

氏名： デスモンド マナツサ

10-12月の東アフリカの降水量とアフリカ南部の地上気温に見られる経年変動の長期変動について、統計的に調べた。本研究では、19世紀後半から20世紀初頭までの観測データと再解析データを用いた。その結果、1917年、1961年、1997年にインド洋で統計的に有意なシフトが起こっており、インド洋ダイポール(IOD)の時系列の特徴に現れているだけではなく、マスカリン高気圧の北端と東端がそれぞれ赤道側と東側に変位していることも確認された。東アフリカとアフリカ南部の気候変動が主にインド洋における循環に支配されているため、この現象は東アフリカとアフリカ南部の気候における急激な変化として解釈される。

注目すべきことは、これら3つのシフトにおいて、シフトの発達の様子が非常に類似していたことである。シフトが発生する時期には、まず弱い負のIODが発達し、翌年に強い負のIODとなり、さらに翌年(シフトの年)に正の強いIODに変化していた。この2つの強いIODは、シフト発生時において1900年以来

記録的に大きな振幅を伴っていた。このことは、20世紀の終わりに向かってシフトが起こるにつれ、シフトの過程が時代ごとに強くなっていくことを意味している。使用した海面水温データに関係なく、この3年に渡るシフトの過程が1870年以降のIODの時系列に見られたことは、将来、類似した現象を見つけることで新たに海盆規模のシフトの存在を示すことにつながる。インド洋で統計的に有意なシフトと認められるほど十分にデータが蓄積される前であっても、十分な信頼度をもってシフトと結論づけることができる。

また、興味深いことに、マスカリン高気圧も、シフトの過程に関わっているようである。シフトが発生する前年には、マスカリン高気圧は極側と西側に異常に変位し、負のIODが同時に発生していた。一方で、シフトの年には、マスカリン高気圧は強化して赤道側に変位し、IODの東側の極で湧昇を強めることにより、正のIODが同時に発生していた。このように、シフトが起こる年の前後で、マスカリン高気圧の位置が急激に変化し、それゆえ強度も変化していた。また、シフトが発生する度に、マスカリン高気圧は赤道側とオーストラリア西岸への変位が増加するため、3つの連続したシフトにおいて、このシフトの過程が強くなってきていた。それゆえ、マスカリン高気圧の赤道側と東側への変位に伴う風の南北成分が平均場に加わることで、近年IODが強い振幅をもって正の符号をとるようになった原因となるであろう。同時に、この現象が時代ごとに強化していたことが、1917年、1961年、1997年にかつてないほどの振幅を示していた理由となるであろう。

しかし、IODと東アフリカの降水の関係は、1961年に突然強くなり、1997年から急激に強くなっているように見える。規格化された降水量の指数で定義された東アフリカの降水量の時間分布によると、東アフリカの降水量変動は20世紀初めから大きくなり、過去数十年で洪水と干ばつがより頻繁に発生していた。より極端な降水現象の増加は穏やかに続いており、IODのシフトで定義される時代に強く特徴づけられる。このIODの長期変動はまた、1887年から1917年にかけて、負のIODが支配的であったように、各年代で3つのシフトを明確に特徴づけている。それ以降の年代では、負のイベント数が徐々に減少し、正のイベントが発生しやすくなり、1998年から2010年にかけて正のイベントが支配的になっていた。この正と負のIODの周期が規則正しく急激に変化したこと

は、IOD の時系列における分散や歪度が各シフトにおいて変化したためである。

さらに、東アフリカの降水量変動は、マスカリン高気圧の変位、特に高気圧の東端の東西変位と強く関係していることが分かった。マスカリン高気圧の東端が通常的位置より西側（東側）に変位すると、南インド洋において南東貿易風が強化（弱）される。高気圧の東端が西側に変位すると、比較的冷たく乾いた風が東アフリカに移流し、地域の対流や地形性降雨を抑える。このため、マスカリン高気圧の東端の東西変位は東アフリカの極端な降水量の指標となり、過剰な降水に比べ干ばつをより良く決めるものとなる。東アフリカの降水における IOD の影響は非対称的であり、正の IOD は洪水と強く関係すると報告されている。それゆえ、この発見は東アフリカの地域社会において広く応用される。東アフリカでは、極端な降水現象がより多くなってきたものの、伝統的な指標として ENSO や IOD が主に深刻な干ばつの予測に用いられている。

1997 年のシフト後、アフリカ南部で地上気温が急激に変化したことについて、マスカリン高気圧やセントヘレナ高気圧がアフリカ南部から離れ、アンゴラ低気圧が強化していたことは注目すべきである。その結果、暖かい空気が低緯度から大陸の低気圧に向かって移流し、それによってアフリカ南部が暖まっていた。この過程と同時に、南半球環状モードが正の符号に変化しており、1990 年代半ばに成層圏のオゾンホールが発達したことによる影響が考えられる。この比較的大きな成層圏のオゾンホールが発達する前は、平均的な風の南北循環は南風であったが、環状モードが正の符号に変化したことと同時に、北風に変化していた。

この IOD と東アフリカの降水、オゾンホールと地上気温との関係における長期変動は、近年の研究者の間であまり考えられてこなかった。しかし、この時代ごとのシフトは、現在認識されていなくとも、過去のデータで定常的に見られる関係に基づいた現業の統計的予測手法を悪化させるであろう。それゆえ、今後、人類によるストレス、特に成層圏のオゾンホールのもとで、地域の気候の長期変動を評価していく場合、地球の気候システムの研究社会において、この非線形なパラダイムを受け入れていく必要がある。