

An intellectual tool to integrate extreme meteorological phenomena into the framework of climate change

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-12-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 矢内, 秋生 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/325

気象の極端現象を気候変動として統合するための 知識ツール

An intellectual tool to integrate extreme meteorological phenomena
into the framework of climate change

矢内 秋生*
Akio YANAI

はじめに

近年の気候変動問題さらに最近世界各地で頻発するいわゆる異常気象や気象災害に対して、それが人為的環境問題なのか、地球史的自然変動であるのか、あまりにもめまぐるしく日常交錯する情報から、一般の人は混乱が増すばかりなのではなからうか。識者の公式見解が欲しいと思う人々は多いことだろう。ところが関連分野の研究者にとっても、その研究結果が地球科学の科学哲学的理解のどの部分を解明したものなのかを社会的に説明するのは難しい。なぜなら、日々多くの研究成果が対象とする個別的法則・仮説に対して、立証、反証ともに頻出している状況だからである。科学史の世界ではこの科学的対立は歴史が解決してきた。しかし最近、地球科学分野の現象は個別法則の仮説立証的な成果だけではとらえられないという認識が芽生えている。各研究結果の関係を結びつけようとする連結相関という考え方、空間スケールや圏といった階層によって現象をまとめようとする階層構造という考え方がそれである。

このような状況の中でバスカー（2010）は、気候変動は現代に生きる多くの人々に全ての分野を総括的に集めた研究アプローチで週上に載せて認識されるべき問題であり、同時に現状で「気候変動に対して早急な措置をとるべきだ」という認識が高まっても、異なる科学と科学の間の隔たりを統合するフレームワークが欠如しているため、さらにもう一方では科学的発見を統合しようとする際に起こる政治的実行力の欠如が存在するために共通の有益な議論とならないと指摘している。その上で、気候変動問題に対しての知的応酬に超越論的實在論あるいは批判的實在論を基にしたアプローチが不可欠であると表明している。バスカー（2006, 2009）は超越論的實在論あるいは批判的實在論という立場で自然科学および社会科学に適用できる科学哲学を主張する哲学者であるが、彼の理論は、ヒュームの古典的経験論から生まれた仮説立証主義を標榜する科学哲学あるいは経験的實在論を批判し、さらに超越論的観念論および新カント学派の諸説を批判して、その独自性を主張している。

超越論的實在論あるいは批判的實在論における最も重要な命題は「科学が可能であるためには、その対象である世界はどのような世界でなければならないか」（2009, 前掲書P19）というものである。その論では、自然（世界）は人間の思索がもたらす観念が築き上げるものではなく、また

*教授

人間が自然の体験から得た法則を実験等によって立証し、解明していく対象でもないとする。世界は人間の観念の所作とは関係なく実在し、また、法則や実験によって確認できる経験論的なアプローチの過程において閉じたものではなく、対象として常に開かれたものであるとする。

そして異分野間の研究的課題の多い気候変動問題を科学的対象にするためには、超越論的实在論あるいは批判的实在論が常に開かれた系を想定しているという点で、先の命題に対して強力に必要な知識ツールとなりえることを示そうとしている。

超越論的实在論あるいは批判的实在論に対して、本論文の科学哲学的立場は経験的实在論と位置づけることができる。しかしバスキアらの批判する経験的实在論と同じではなく、つぎの二つの点で異なっている。まず、現象が生起する場としては自然を開かれた系と見なしていること。二つめは、筆者がこれまで主張してきた‘もう一つの科学 (Alternative Science)’という概念が含まれていることである。この‘もう一つの科学’では、観察者の人間は現象が生起する場、自然を「予断を許さない常に開かれた存在」と見ている。さらに‘もう一つの科学’はその観察の経験が地域社会に共有化され、歴史的に洗練される過程を経てきたものであるから人間の現象認識にもとづく経験的实在論の範疇にあったとしても、科学というに足るという論理展開をする。この主張は‘もう一つの科学’が地域社会で伝承的な呼称という社会的言明によって強固な知的世界の体系を築いているという事実(矢内, 2005)を根拠にしている。

本論文ではこの立場を《経験共有的实在論》(Intransitive-co-empirical realism: 対象に対する経験を共有した实在論)と名づけている。《経験共有的实在論》はこの‘もう一つの科学’の論理的アプローチを含むことによって、バスキアらが排除した経験的实在論を超越論的实在論あるいは批判的实在論と同様に「科学によって描かれる世界」へと導く。つまり《経験共有的实在論》が地球環境問題を統合化する科学哲学的論拠なりえることを示し、さらに《経験共有的实在論》が地球環境問題を統合化する知識ツールの提案に役立つことを示そうとする。

本論文の対象とする地球環境問題は異常気象あるいは自然災害等をもたらす極端現象、そしてこの数十年急速に気候変動の観測と研究が進んでいる地球大気・海洋に関する遠隔相関現象である。この理由は筆者の専門領域の出自がこれら地球科学分野にあるからである。これらの現象にどのような知識ツールを用いて社会的共通認識を得ていけば良いのかについての考察である。

1. 気候変動と顕著現象

1-1. 異常気象と顕著現象, 災害

異常気象とは「その地点、季節として出現度数が小さく平常的には現れない現象または状態」, 「統計的には30年に1回以下の出現率の現象」(気象庁用語集)をいい、具体的には「異常気象とは、全国約130(均質な観測が保証される地点数は気象要素により異なる)の各気象官署の月平均気温、月降水量、月間日照時間がおおよそ30年に1回の出現頻度に対応する基準を超えた場合」^{注1)}をさしている。

近年の気候変動問題でとくに注目されているのがこの100年あまりの時間スケールで起きている地球規模の温暖化傾向であるが、この温暖化傾向の進行に対して先の異常気象という概念は必ずしも適切な指標にはならない。その理由はいうまでもないが、例えば、長期の温暖化傾向すな

わち平均気温の高温化傾向が続く中にある場合は、かつての異常高温とされた数値は出現頻度が高くなり、やがて異常な数値とはいえなくなることからもわかる。

「異常気象」という用語では表現しきれない異常な気象について、顕著な気象 (Extreme Weather)、顕著な現象 (Extreme Phenomena) という用語が使われるようになっている。IPCC の第 4 次報告書の巻末用語集によると「特定の地域における『稀 (rare)』(統計的に10%以内)の現象で場合によっては早魓や洪水を含む」とされている。ここでは極端な気象が災害や社会的リスクを考慮した概念となっている。いいかえれば物理的に急激な自然現象の出現によって、自然の平衡・安定性が脅かされ、その急激な変化に自然機能が適応できない場合を指していると考えることができる。したがって極端現象とは「その地域の人間社会や生態系に甚大な影響が出るような稀な気象現象」であり、「温暖化や寒冷化などの気候の変化に対して、人間社会の機能が適応していく時間や生物的に生態系が適応していく十分な時間がないために一時的に甚大な影響が起こる現象」とすることが実際的であろう。

将来の異常気象・極端現象の発生確率について、マッレゴールら (2005) は温暖化傾向が進む場合には気温平均値がガウス分布の高温側にシフトすることになり、降水量等の分布の場合はさらに高い値に分布のテイルが伸びた非対称のガンマ分布になることを示し、IPCC の 2100 年の気候変動予測から温暖化の可能性ばかりでなく、確率の上では顕著な現象の非線形性をも示すことになると指摘している。つまり、温暖化傾向という気候変動にあっても、極端な寒冷化の可能性や降水量の増加傾向の中でも渇水や早魓の可能性を排除できないということである。事実、日本のこの 100 年間の降水量は平均的には僅かながら減少傾向にあるものの、異常降雨 (雨量の多い年) と異常渇水 (雨量の少ない年) の発生頻度は増加している^{注2)}。

1-2. 地域体験としての顕著現象

2009 年から 2010 年にかけての世界の気象は各地の人々の体験史としてみれば典型的な極端現象の起こった期間であった。

日本の気象庁によると 2009 年 12 月中旬以降、北半球中緯度帯のヨーロッパ、シベリアから東アジア、北米に度々寒気が南下し、1 か月間にわたって北半球の中緯度帯の広い範囲で異常低温。ベルリンでは 1 月 19 日から 20 日の日最低気温が -14°C 以下となり、平年の約 -1°C に比較して 13°C 低温。この異常低温は西ヨーロッパからロシア西部、中央シベリア、中国東部、韓国、北米東北部、さらに米国フロリダ州にまでおよび、とくにフロリダ州オーランドでは 1 月 9 日の日最低気温が -4°C 以下になり平年値より 14°C 下回ったという^{注3)}。米国環境予測センターによると 2009 年 12 月 19 日から米国ワシントンを中心に積雪 40cm を超える降雪が度々発生し、2010 年 2 月まで北東部で断続的に続いた結果、ワシントンの積雪量は 1898~1899 年の冬以来、111 年ぶりの記録更新となったという^{注4)}。2010 年 7 月から 8 月にかけて日本の西日本および東日本関東地域が記録的な猛暑に見舞われたことは記憶に新しいであろう。この年の夏はロシアで高温気象による森林火災が度々発生する一方で東ヨーロッパ、中国の福建、湖北、河南など各省の大雨、洪水被害が起きた。他方、南半球の南米各地では寒波と降雪被害が起こった。とくにペルーの標高 3 千メートル以上の地域では -24°C を記録した日もあったという^{注5)}。

しかし、このような数々の地域の顕著な現象を羅列するだけでは気候変動に関する知見は深ま

らず、科学的理解が体系化されることもない。その一方、各地で頻発し体験される顕著現象が地球温暖化傾向との直接的な繋がりによるものではないか、さまざまな研究トピックの発表が決定的な気候変動の解明になったのではないかという巷間の期待や憶測があいまって、情報だけが氾濫しているのが現状である。

2. 現象の実在を認識論から判断する糸口

2-1. 個々体験された現象がシノプティック・スケールで整理されるケース

ある地域で特異・特徴的な現象が稀に(遭遇確率にして人の一生の間に数回から十数回の頻度)で体験され、しかも歴史的に地域で共有され、その現象に対して伝承的な呼称が使われている場合、その体験は地球各地の現象のつながりを認識する糸口となる。なぜなら、その稀な現象はその地域のみで起こっている現象ではなく、周辺各地でも起こっていることが多いからである。

異常高波を例にとると、日本海を南下するうねりには寄り回り(能登半島門前町)、寄り回り波(富山湾沿岸地域)、回り波(島根県美保関)、芽株落とし(若狭湾沿岸)クンドンナブル(韓国東部沿岸各地)、ムルミンナブル(韓国九萬二里、尾浦)というような各地域で異名があるがシノプティック・スケールの現象としてみると、同一海域から発生したうねりの伝搬という単一の現象がタイム・ラグをともなって、一連の類似した自然現象として認識されたものであることがわかる。

同様に現象が各地で別々に観察(体験)されるが、単一の気象現象が起っている例として局地風シロッコを取り上げることができる。シロッコはイタリア南部やシシリーにおけるSirocco、ギリシャ南西部でのSirocco di levante、マルタにおけるXlokk、スペインにおけるJaloqueあるいはXaloque、同じくスペインのカタロニア地方におけるXalocあるいはXaloch、ポルトガルにおけるXaroco^{注6)}など、各地に異名がある(矢内, 2005)。

このシロッコは地中海を渡るうちに乾燥した熱風から湿った熱風になるなど、各地で全く同じ体験をする訳ではない。しかし、この風をシノプティック・スケールでみると、サハラ砂漠の乾燥したchom(チョム:熱い)、arifi(アルフィ:渴く)と呼ばれる熱風が北上する気象現象であり、各地で原因が同じ一連の自然現象を体験した結果であることがわかる。このような場合はシノプティック・スケール領域でその現象の起こる典型を認識しておけば、その同じパターンか、変化パターンが出現するのであるから、各地域の空間的つながりが見出せることになる。

2-2. 季節の異変として顕著気象を体験するケース

もともと地球規模の現象であるために、改めて地域の体験を地球規模で知ると繋がりが認識できる場合がある。

安定的な気候変化が出現・再起するときには意識しなかったが、改めて各地の異常報道や季節の移り変りの異変によって地球規模の共時的繋がりを認識できるケースに季節風異常、モンスーンの雨期、乾期異常がある。すなわち、今年の季節風の吹き方は強い(弱い)、あるいは雨期の開始が遅い(渇水)、雨期の多雨による洪水などの異常である。

日本の代表的な季節風あるいはモンスーンに関する呼称は木枯らし(一号、二号など)、春一

番あるいは梅雨などがある。梅雨は中国ではメイユ、韓国では장마である。同様に世界各地にはモンスーンに関する伝承的な呼称が存在する^{注7)}。

9月と10月にインドのマラバル海岸では強い南東の風をエレファンタ (elephanta) あるいはエレファント (elephant), エレファンテル (elephanter) という。このモンスーンが終りになる頃に風向は南西となり、雷をともなうスコール状の豪雨をもたらす。フィリピンでは北東の季節風をブリザ (brisam, briza.) というが、スペイン語のブリーズ (breeze: 微風の意。通常、沖合からの海から吹く北東風) もウルグアイ、モンテビデオなどの中南米では海風が顕著になる季節を表す言葉でもある。ブラジル東海岸やベネズエラではブリーズ (breeze) となるが、北東の貿易風をいう。この北東貿易風も季節風と見なすことができ、北プエルトリコではブリーサ (brisa) という。コロンビアでブリーサは湿気を帯びた微風をさすが、ブリーズ、ブリーサはどちらも大陸と海洋の風系システムによる季節性の風である。

エテジアン (etesian) は東部地中海、とくにエーゲ海の夏の優勢な北風をいい、基本的にモンスーンである。アドリア海付近ではマエストロ (maestro) ともいわれ、古代ギリシャ以来、エテジアンは40日間吹き続くと言いつた。この風はインド北西部に発達する低圧部と関連する夏の季節風で地中海に晴天と乾燥した比較的涼しい天気をもたらす。ギリシャでは「よく眠れる風 (sleeper)」といわれる。メルテミ (meltém, meltémi) はおもにトルコでの夏の季節風である。ボスポラス海峡に吹き込む東あるいは北東風で強く、しばしば日中はトルコからブルガリアの海岸まで吹き渡る。ローマ人はアラビア海の南西からのモンスーンに対する語としてメルテミを使用したという。これらはいずれも地域の体験の積み重ねから得た知見の姿である。

地域の風土に根ざす認識はアフリカ大陸にもある。1月から3月にかけて、アフリカのサハラ砂漠一帯に吹く乾燥した熱風のハルマッタン (halmattan) はギニアからガーナ、カメルーンに至るギニア湾の海岸線の北側では偏西風を強め、南側の対流圏下層では北東風となる。この北東風は北緯10度の熱帯収束帯 (Inter-Tropical Convergence Zone: ITCZ) 近くまで押し寄せ、大西洋から吹き込む湿った南西風を押しやる。6月から9月にかけてハルマッタンは弱まり、セネガル、コートジボアール、ブルキナファソ、ナイジェリア、カメルーンなどギニア湾から奥地まで雨期をもたらす。

このような各地のモンスーンに関する伝承的な呼称をもとにした地域の自然環境の変化に対する観察・認識、例えば「今年は空梅雨だ」や「夏になるのにハルマッタンが弱まらない」、「エテジアンの吹き方が持続しない」など、平年に比較した変化・異常の認識は他地域の観察・認識と結びつけることによって地球規模のつながりの理解となる。

2-3. 局地体験が地球規模の理解へと進展するケース

エル・ニーニョ (El Niño) という現象の発見の歴史は古く、その記録は1500年代までさかのぼるといふ^{注8)}。ペルーの漁師は何年かごとに南赤道海流の水温が上がり、アンチョビの漁獲量が激減することを関心の的にしてきた。しかし、その後、ペルーの漁民ばかりでなく農民もエル・ニーニョと内陸の降水量とが関係することに気がつき、不毛な地域を肥沃な農地に変えることを知った。さらに1700年代にはヨーロッパ系の船乗りが他の離れた地域との関連に興味を持つようになっていった。1923年に英国のウォーカーが太平洋で気圧が高いとき、アフリカからオー

ストラリアとインド洋で低いという現象（現在，南方振動（SO, southern oscillation）と呼ばれている現象）を発見し，より広い範囲の現象として注目されるようになる．1960年代後半にビェルクネスが両者の現象の関連に着目し，以来，専門的にはENSO（El Niño Southern Oscillation）あるいはエルニーニョ・イベントといわれている．

ラ・ニーニャ（La Niña）はエル・ニーニョとは反対にペルー沖の南赤道海流の水温が平年値よりもさらに低温になる現象であるが，このラ・ニーニャは南アジア，北・北東オーストラリア，南アフリカ，北アメリカ，中央アメリカ，ハワイなどの地域で多くの雨をもたらす傾向があると見て広い範囲まで注目されている．

このエル・ニーニョ現象という一地域の体験にすぎなかった出来事が空間的広がりという認識を経て，地球規模のつながりがみえてくる例である．

3. 地球大気・海洋に関する気候変動研究

3-1. 遠隔相関

遠隔相関（テレコネクション：teleconnection）とは米国気象学会^{注6)}の定義によると，「地球上での遠く離れた地域間に起こる気象の変化のつながり」ということになっている．さらに遠く離れた地点の間で気象要素等に正の変動あるいは負の変動（という関係）が見出せる場合やつながりのある現象がひと月あるいはそれより長い時間スケールで起る場合，さらにそのような現象が大気や海洋等を通じて離れた場所に伝わり，広がる場合にも使われている．

これまで本論文では同様の状況を「つながり」と表現してきたが，ここで改めて現象のつながりを遠隔相関ということにする．

3-2. 現象を見るための空間スケール

ボレ（2003）は気候変動をその影響に関する空間スケールの違いによって理解することの重要性を地中海の事例を対象に指摘している．彼の区分はグローバルな大規模スケール，大陸スケールのマクロ・スケール，シノプティック・スケールそしてメソ・スケールである．ここでメソ・スケールは $4 \times 10^0 \sim 4 \times 10^6 \text{ km}^2$ であり，さらにメソ α が $4 \times 10^4 \sim 4 \times 10^6 \text{ km}^2$ の範囲，メソ β は $4 \times 10^2 \sim 4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，また，地域（局地）現象を見るための地域的スケールとしてメソ γ をとくに $4 \times 10^0 \sim 4 \times 10^2 \text{ km}^2$ としている（P24-P41）．彼はこのようなスケールの分類によって，地中海の気象現象と気候変動問題を海象，地形，植生，土壌など異分野の研究成果と関連させ，地中海に見られるさまざまな現象を整理しようとしている．

3-3. 遠隔相関どうしの関連研究

(1) 大西洋，欧州からのアプローチ

北大西洋気圧場の変動はNAO（North Atlantic Oscillation：北大西洋振動）として知られている^{注9)}が，最近30年間ではNAOインデックスが正の傾向を示すようになったといわれる．大西洋と地中海の関連についてはNAOインデックスが正の場合には地中海地域は乾燥傾向，負の場合には湿潤傾向となり，さらにスカンジナビア半島と地中海の関係で見れば，乾燥と湿潤は逆相関

の傾向がある。これらはEUあるいはSCANDといわれることもある^{注10)}。

ルータバッヒャーら (2010) は過去500年にわたるポーランドの気候と欧州の気候の相関を調査し、さらに空間スケールを拡大してポーランドの気候とNAO, SCAND, 大西洋東部とロシア西部の関連 (EA/WRUS: East Atlantic/Western Russia) を気温, 降水量から検証している。

ペカロヴァら (2007) はスロバキアのベラ川およびチーニ・ロン川の約100年間の流量変化とQBO^{注11)}, NAOなどの関連を調べ、その関連性を地球規模のものと述べている。

大橋ら (1999) は近年のEUについて変動解析を行っている。その結果、1988/89年の冬季を境に北極渦の強まりと同時にEUインデックスの符号が正から負に逆転していることがわかり、北極上空の変動やNAOとPNA^{注12)}といった他の大洋との遠隔相関を示している。

(2) 太平洋からのアプローチ

一方、太平洋に目を転じるとENSOを中心にした広域の遠隔相関の報告がされている。

1999年9月、海洋科学技術センターによると、NASDA^{注13)}とJAMSTEC^{注14)}による観測報告として、インドの夏のモンスーンがENSOと相関が低い時には必ずIOD^{注15)}との相関が高くなり、相関が高い時にはIODとの相関が低くなるという結果を報告し、一般にエル・ニーニョ発生時はインド・モンスーンに伴う降雨量が減少するが、正のダイポール現象はこれを打ち消す働きをすると報告している^{注16)}。

熱帯赤道域では局所的に強い西風が数日間持続することがあり、これは西風バーストと呼ばれている。西風バーストは数日スケールの現象であるが、海洋に与える風の応力によってエル・ニーニョの開始を促進するとみられている。また、西風バーストのほとんどはMJO^{注17)}が変化するときには発生しているので、エル・ニーニョのつくり出す大規模な場自体がMJOから西風バーストを生じさせるのに好都合な条件を与えていると見られている (菊池, 2004)。さらにMJOは赤道上対流圏を東向きに伝播する40-50日周期の地球規模の現象で東半球では積雲対流を伴っているため、十分発達したMJOがつくり出す赤道上的強い西風がエル・ニーニョの初期の発達を促すとされている (高数, 2008)。このような熱帯の変動は対流活動と深く関わりを持っているため、南アジア、東南アジアそしてオーストラリア北部でのモンスーンの開始や活発期及び不活発期などに大きく影響している^{注18)}。

ENはMJOに応答すると終息に向かうという現象も報告されている。1997年から1998年にはエル・ニーニョが短期間で終息したが、「衛星観測による地球全域の降水量、海面水温及び欧州中期気象予報センターの全球気象解析による風などのデータを総合的に解析し、今半世紀最大規模の1997-98年エル・ニーニョが、大規模な降水活動を伴った地球規模・数十日スケールのMJOの影響で急速に終息した」という報告^{注19)}がそれである。

(3) 全球的なアプローチ

PNAは偏西風に沿って発生、伝播するため、移動性高・低気圧の発生頻度や発達、その進路に長期間影響をおよぼし、結果として冷夏や暖冬などの気候変動をもたらす^{注20)}とされている。また、PNAの発生源が熱帯太平洋上の海面にあることから、ENSOとの関係も深いと考えられている。熱帯太平洋での海面水温異常が赤道上的対流活発域の移動を引き起こし、さらに地球規模の

エネルギー伝播によって北アメリカに達するPNAが形成される。こうしてENSOは全球規模で異常気象をもたらすことになるという議論である。

ボレ (2003, 前掲書) は最近の地中海地域における気候変動問題の研究成果にもとづき、ハドレー循環は熱帯対流のウォーカー循環やSOと結びついていることは知られているが、これらはインド・モンスーンとも互いに関連し、その影響は東地中海までおよぶというように遠隔相関のスケールは大規模なものであり、地中海の気候変動とENSOの間に遠隔相関があるということは排除できないという見解を示している。さらに赤道大西洋振動 (=the equatorial Atlantic oscillation) がENSOによる影響をうけているであろうとして、地中海の東部だけでなく西部地域にも小さな相関があるというポングラツらの研究結果も紹介している。

地域現象が全球的なつながりをもっていることがわかった例として、2004年の日本の猛暑がある。この猛暑は地中海のギリシャ低気圧あるいはジェノバ低気圧にその起源があり、この低気圧は偏西風によって東進し、さらにチベット高気圧によって蛇行して日本海に達した。日本上空にはブロッキング高気圧があり、進路が妨げられ、そのためにいっそう高気圧の勢力を強めてしまったと原田ら (2006) は解明している。ちなみにこのジェノバ低気圧として知られている低気圧は偏西風の気流とアルプスの気流の相互作用によって発生するが、この山の背後ではしばしばチヌーク (*chinook*) のような局地風が発生し、体験されているはずである。

ペイクンら (2005) はアジアモンスーンとアジア・太平洋・アメリカにおける気候変動との関連を調査して対流圏上層の強い南アジア高気圧が西太平洋の熱帯高気圧を発達させること、西太平洋の熱帯高気圧が中央太平洋の気圧の谷を弱めること、その結果メキシコ南部の高気圧がより強くなること、さらに降水の増加域がオーストラリア、中央アフリカにおよび地中海地域では減少するという遠隔相関を報告している。1958年から2001年までの44年間のデータを分析したヤダフ (2009) によると、インドの夏のモンスーンはインド洋西部のメスカリン島付近の高気圧がジェット気流を形成する傾圧不安定場に関係して発達することを示し、ENSOではないとき (La Niña) には、インドの夏のモンスーンによる降雨と正の相関があることを示している。さらに周辺との遠隔相関として、北大西洋と西地中海上空のアゾレス高気圧がジェット気流、アジアの亜熱帯ジェットとともに移動してユーラシア地域上空で大きく波打ち、対流圏上層にチベット高気圧を形成し、このことがインドの夏のモンスーンに影響することを示している。

アフリカのモンスーンは熱帯大西洋が熱帯収束帯 (ITCZ) の位置によって決まるため、ITCZの位置が重要である。ペースら (2004) によるとアフリカの夏季モンスーンはギニア湾でのSST (海表面温度) 変化の影響を強く受け、冬の熱帯アフリカの降雨とインド洋および東熱帯太平洋のSSTには重要な関連があることを示している。これはENSOにも関連するということである。ENSOが顕著でない場合にはアフリカの降雨と熱帯太平洋およびインド洋はそれほど重要な役割りはしないという。さらにペースらはサヘルアフリカ・ゾーンとギニアの海岸地域、西アフリカにおける長周期の降雨変動と亜熱帯海洋におけるSST変化との関連には10年オーダーの時間変動があり、この遠隔相関はモデルと観測とがよく一致しているという。

海水底層の温度と海表面温度、気圧との関係についても大西洋と太平洋にまたがる遠隔相関の時間的つながりと質的变化のようすが研究され始めているばかりでなく、ENSOインデックスがポーランド南西部の河川流量すなわち上流の降水量とわずかながら関連があるという報告もある

（ニーチェルスキィ，2010）。

このように遠隔相関は空間・時間スケールを広げ、同時に大気と海洋の関連性等とともに地球規模の総体の現象という姿を現しつつある。

4. 遠隔相関の階層的理解

地域で観察・体験されるさまざまなメソ・スケール現象，さらに前述のようにつぎつぎ発見されるメソ・スケール現象からシノプティック・スケール，グローバルな大規模スケールという空間的スケールでの遠隔相関の研究成果を整理すると，階層的構造あるいは連結構造が浮かび上がってくる。

多くの地域で観察・体験されて来た伝承的呼称によって表現された現象はメソ・スケール現象が多いが，移動性低気圧に原因する地域での観察・体験された現象はシノプティック・スケール，さらに季節風や年変化に関する観察・体験にもとづく現象はグローバルな大規模スケールに関連する。いずれも他地域との体験では関連という認識で見方を拡大してこなかったが，今日の科学的報道のあふれる時代にあっては断片的知識の繋がりが次第に意識されるようになっている。例えば，エル・ニーニョ（本来の意味）やシロッコ，チヌーク，メルテミなどの局地風，海陸風現象，低気圧の頻発や進路の変化体験（メソ・スケール現象），高温異常や季節風異常（マクロ現象の一部の体験）が気候変動という枠組みで再確認され，さらにNAOやENSO，IODによる科学的知見と重なり合うことによって，大規模スケールにわれわれの認識領域を拡大してくれる。

気候変動に関する現象の統合的理解には，その空間的規模や時間スケール，再現周期のスケール等を含めて階層的な理解が有効と考えられている。バスターらは社会科学にも通用する階層構造に相当する考え方をラミネイテッド・システム（2010，前掲書，P9-P10）とよぶ。ラミネイテッド・システムという概念はつぎの7つのレベルからなっている。

- (i) サブ・インディビジュアル（下位）な心理学的レベル
- (ii) インディビジュアル的または伝記的レベル
- (iii) ミクロのレベル—例えばエスノメソドロジストやその他によって研究され得るもの
- (iv) 中間的レベル—機能的な役割を果たす社会制度の中で私たちが互いの関係を持つレベル
- (v) マクロのレベル—社会全体もしくは地域全体の機能的はたらきを総合的に理解する
- (vi) 伝統や文明を総合的に分析するメガ・レベル
- (vii) 地球的（または宇宙的）レベル—地球や宇宙全体を考慮したレベル

このようにレベル分けすることによって，レベルやコンテキスト，そして規模の大きさに起因する多面性と複雑性のそれぞれが薄い層状で成るシステムを再構成できるという論である。

‘もう一つの科学’に基づく現象理解をこの階層にあてはめると，(i)，(ii)，(iii)，(iv)までは機能しているが，課題は(v)，(vi)，(vii)である。(v)，(vi)，(vii)のそれぞれの階層においても検証することによって，個々分野の研究成果を統合化し，さらに科学哲学的認識すなわち科学を社会科学の場に持ち込んだ認識をする知識ツールが必要である。

自然科学，とくに地球科学の分野において，近年，連結階層構造という考え方で全体像をとらえようとする動きがある。単に層を積み重ねて現象を理解するだけでは地球環境問題に対する気

候変動現象については十分ではなく、「従来異なる法則として記述されていた異なる階層の現象が相互に関連」（阪口，2008）したものとしてとらえていかなければならないという認識から生まれた方法論である。

5. 《経験共有的实在論》の科学的方法

超越論的实在論あるいは批判的实在論からは、実証主義の主な欠陥は、科学にとって経験がどうして、あるいはどのような条件の下で重要であるかを説明できないことであると指摘する。しかし、「もう一つの科学」はもともと経験によって出発し、経験を歴史性の中で洗練され、共有されたものであるために、検証過程を経れば科学といえる。この立場は超越論的实在論あるいは批判的实在論が批判する経験的实在論とは異なる経験的实在論と位置づけることができる。本論文ではこの立場を《経験共有的实在論》(Intransitive-co-empirical realism：対象に対する経験共有的实在論)と表現する。ここでバスキューらの超越論的实在論と筆者の立場の違いを「もう一つの科学」という要素を加えて、表に示す。

いわゆる科学と対比すると「もう一つの科学」は人間の現象認識にもとづく経験的实在論の範疇にありながら現象が生起する場としては常に自然は予断を許さない開かれた存在と見て、そこでの経験が地域社会に共有化され、歴史的に洗練される過程を経れば科学となりえんとする。さらにこの「もう一つの科学」の考え方は、地域社会が社会的言明（筆者の表現では、伝承的呼称）によって強固な知的世界を築いてきたという事実（調査事実）を根拠にしている。

世界のほとんどの事象は開かれた系の中で起こる。つまり、それらの事象は整然とした体系とは異なり、大抵の場合複数の一決して1つではない一偶発的な仕組み、体系、プロセス、そして分野の中で起こるからである。それらの事象を説明するための検証のスキームが提案されている。この経験から实在にいたるまでのスキームはRRREICスキームといわれる（バスキュー，2010，前掲書，P4）。

表. 超越論的实在論と《経験共有的实在論》

		Region of Ontology 实在の領域	Region of Real 現在の領域	Empirical Region 経験の領域
科学	経験的事実	○	○	○
	事象	○	○	
もうひとつの科学	メカニズム	○, ◎		
	事象	◎	◎	◎
	経験的事実	◎	◎	◎

図中の○は超越論的实在論によるプロセス。◎部分は《経験共有的实在論》。

経験(個人的)⇒再体験⇒共有化⇒法則⇒理論というプロセスによって科学的世界が築かれる。

(バスキュー, R. 『科学と实在論』, 2009, 法政大学出版局, P63の表1-1に筆者加筆)

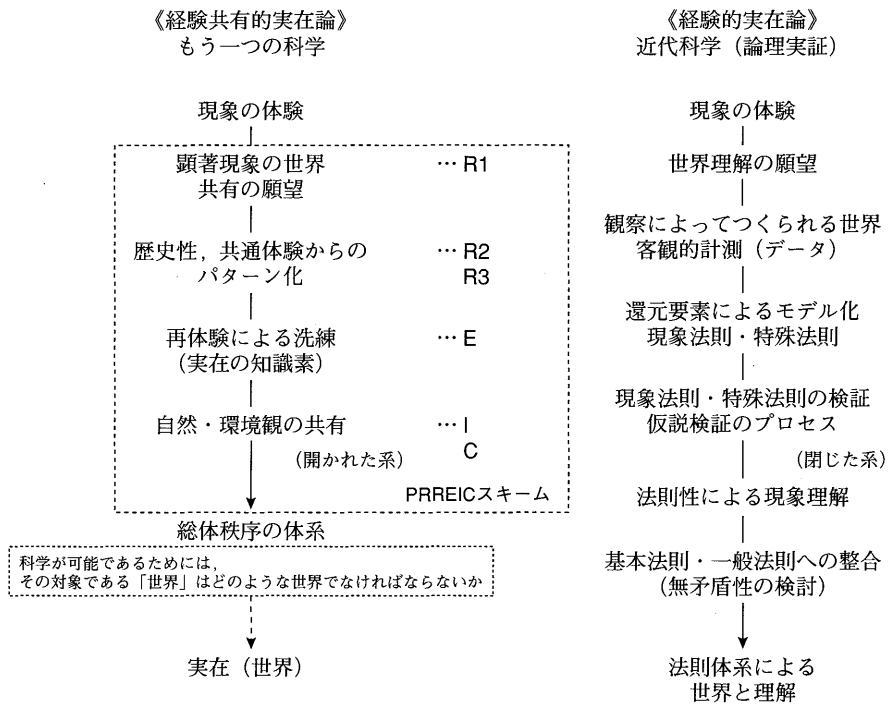


図. PRREICスキームと‘もうひとつの科学’との関係

最初のRはR1と表現されるが、現象の解（solution）すなわち複雑現象や個々の現象の解（姿）である。つぎのRはR2と表現されるが、それらの諸現象の説明のために意義のある最適な再描写（restriction）である。三つ目のRはR3で表現されるが、過去に照らして現実を解釈すること（retrodiction）である。Eは除去つまり前提から一方が成立しない説明を消去すること（elimination）、Iは一体化（identification）つまり前提や結果を導くための有効な因果性を形成することであり、そして、Cはこれらに対するくり返し、くり返し行われる修正あるいは補正（correction）を表している。

図の中で破線の囲い部分に相当するのがRRREICスキームであり、‘もうひとつの科学’がこの検証モデルのスキームを経ているようすを示した。

6. 地球環境問題を認識する知識ツール

地域の現象体験から出発して前出の7階層のレベルすなわちマクロのレベル、メガレベル、地球的レベルまでを含み、諸現象を（v）、（vi）、（vii）の段階で理解するためにはスキームを支援する新たなツールが求められる。なぜなら阪口（2008、前出）の連結階層構造のように、諸現象の統合化には多様な視点が必要とされているからである。

ここで《経験共有的实在論》の立場から、気候変動に関する数々の現象とくに遠隔相互作用の関連から統合的に地球現象を認識するためにつぎの4つの視座を知識ツールとして提案する。

4つの視座とは、〈時間〉視座 (View Point of Time)、〈空間〉視座 (View Point of Space)、〈射程〉視座 (View Point of Range)、〈座標系〉視座 (View Point of Coordinate System) をいう。現象を認識・理解しようとするときに、その現象の語る事象のみを理解しようとするのではなく、その現象の他の現象とのつながりの可能性、あるいは開かれた系として現象をみるツールとして機能させようとするのが、これら4つの視座を導入するねらいである。

〈時間〉視座を現象認識のツールとして活用するためには、現象の語る事実を過去、現在、未来、そしてタイム・ラグという時間尺度におき直して再確認すること、その現象の時間変化(微分量)あるいはその現象の長尺時間の変化(積分量)に置き直して再認識することが必要である。

〈空間〉視座を現象認識のツールとして活用するためには、現象の語る事実をグローバルな大規模スケール、大陸スケールのマクロ・スケール、シノプティック・スケール、メソ・スケール(メソ・スケールはメソ α 、メソ β 、メソ γ)にわけて、どのスケールで、どのような現象が閉じた系で起こっているのか、またどのように開かれているのかを見る必要がある。そして、さらに現象を空間的にズームイン、ズームアウトするという視座、メソ・スケール現象が共時的に生起する場合にそれらの関係を俯瞰する視座、現象が語る事実の対象要素の次元や分野と異なるものを多元的に見る方法が必要である。

〈射程〉視座というのは、現象が語る事実の定義域・限界域を明確化すること、ゴール(時間射程)を明確に意識すること、影響領域に対する柔軟な思考の必要性をいう。

〈座標系〉視座というのは、語られる現象はオイラー座標系であるのか、ラグランジェ座標系であるのか、あるいは絶対座標系、相対座標系であるのか、さらに基本的なことであるが直交座標系であるのか極座標であるのか等の違いを認識することであり、またときにはそれら相互に変換してその現象を認識しようとする柔軟性の必要性をいう。そして、時間ごとに状況が変化することを理解し、状況を切り取るという作業すなわち座標系を重畳させ選択できる思考、「安定系」から「変動系」^{注20)}への思考の必要性をいう。

7. ‘もう一つの科学’からの気候変動のアプローチ

このように‘もう一つの科学’の論理的アプローチすなわち《経験共有的实在論》が地球環境問題を統合化する知識ツールの提案に役立つことを示すのであるが、‘もう一つの科学’の土壌となっている伝承的呼称を取り入れることが気候変動の理解に重要であるとの指摘がされはじめている。

イヌイットの気候・気象に関する伝承的観察および体験、自然との対話から生まれた伝承的呼称の体系と精神性について調査したレデック(2007)は、気候変動に関する近代科学的理解に対しても彼らの自然現象に対する敬虔な認識態度の重要性を主張している。マオリ研究所^{注22)}のキング(2008)は、マオリ族の自然環境知識を年長者からインタビュー調査し、彼らの局地気象に関する緻密な知識が膨大な用語体系を成しているとともに過去においても天気と気候変動に順応する際にこの伝承的知識が如何に役立ってきたかについて報告している。レファル(2009)の南太平洋ポリネシア地域共同体の気象・気候に関する伝統的な生態学的調査によると、サモア人に

はユニークな局地的な環境変化（植物と動物行動）の観察によって築かれた季節のカレンダーがあり、例えば、雲の形成に関するサモア人の知識は今日各地に頻発する極端現象を予期し、順応するのを助けているという。

これらの知識は科学的な精密機器を用いて現象を測定したのではなく、基本的に人間の知覚に基づく観察いわゆる現象を宏観的にとらえる作業の注意深い蓄積によるものである。その蓄積の上にさらに極端現象を受容する地域の人々の能力と知識、また局地的な変化を体系化した知識にするための歴史的蓄積との比較、すなわち‘もう一つの科学’による照合作業が気候変動への適合戦略に組み込まれるべきであることを指摘している。

まとめ

本論文は《経験共有的实在論》という立場から現在急激に増加している気候変動に関する研究報告、観測結果、災害等の報道から「あるべき科学の姿」を見ていく知識ツールの提案を行った。あるべき姿とは「科学によって描かれる世界」の科学哲学的な適合性であり、超越論的实在論あるいは批判的实在論による命題「科学が可能であるためには、その対象である世界はどのような世界でなければならないか」から導かれた総体秩序の体系である。また、「あるべき科学の姿」を見ていく4つの視座とは、〈時間〉視座、〈空間〉視座、〈射程〉視座、〈座標系〉視座である。これらの視座は全体像を見るためのツールであり、パスカーらの提案するラミネイテッド・システムを構成する7つの階層によって事象を自然科学、社会科学にわたって統合的にとらえようとする方法や自然科学とくに地球科学の分野で提起されている連結階層構造という考え方に加えて、さらに具体的認識のための知識ツールになりえるものである。

この知識ツールは専門研究者の個々の研究のためのものではない。専門研究者は自身の研究テーマとその意義については熟知しているはずだからである。専門研究者が自身の研究領域を越えて社会的立場で現象を語ろうとするとき、あるいはまた、社会科学的に気候変動問題を語ろうとするとき、さらに人々が気候変動という錯綜する問題を認識しようとするときに役立つ良識のためのツールである。

さらにイヌイットやマオリ、サモアでの調査研究が示唆するように、現象を宏観的にとらえたさまざまな地域社会に備わった伝承的呼称等による‘もうひとつの科学’を含んだ《経験共有的实在論》はその変化（変動部分）をRRREICスキームによって検証することができ、科学に組み込む助けになると考えられる。

科学者はその研究の意義について、遠い将来は地球圏における全ての気候変動をもたらす大気・海洋現象に成り立つ法則が存在し、その大法則が見出せるであろうと暗黙のうちに考えていることが多いのではなかろうか。しかし、《経験共有的实在論》の立場では、科学が提示する新たな観測等の事実が「科学」であるならば、開かれた系の中で起こる現象としてその相対秩序の体系が描かれていくという立場をとる。そのときに知識ツールが「科学」が「科学となる姿」すなわち体系を認識するのに役立つはずと考える。

科学や学問は「道徳的真理を純粋に追究するもの」とする観念論的学者、「科学や学問を追究する姿勢が真理に近づこうとする人間の姿である」とする科学者にとっては、科学する行為そ

のものが「善」であり、そこでは科学や学問の結果「できること」と「やってはいけないこと」の峻別がしにくい。なぜなら、科学や学問そのものが道徳的真理であるという前提では批判の入り込む余地がないからである。《経験共有的実在論》では、科学や学問は世界の姿を追及していくものであり、そこで浮かび上がる世界は科学によって描かれた世界であると同時に世界は科学によって描かれ、どのような世界であるべきかがいつも問われ続ける。したがって、総体秩序の体系化という作業は常に内省的態度でなされなければならないという立場といえる。

注

- 1 : 『異常気象レポート』, 2005, 1.1.1.(5).
- 2 : 『平成21年版日本の水資源について ~総合水資源管理の推進~』, 2009, 国土交通省土地・水資源局水資源部, P6.
- 3 : 気象庁地球環境ポータルサイト, http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/portal/portal_kako.html.
- 4 : 気象庁地球環境ポータルサイト, 米国東部の大雪について,
http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/portal/portal_kako.html.
- 5 : 朝日新聞, 2010年7月25日,
<http://www.asahi.com/national/update/0725/TKY201007240512.html>.
- 6 : Glossary of Meteorology, American Meteorological Society (AMS) :
<http://amsglossary.allenpress.com/glossary>
- 7 : The University of East Anglia in Norwich, U.K. is the British ESPERE :
<http://www.atmosphere.mpg.de/enid/49z.html>
- 8 : American Meteorological Society, <http://ametsoc.org/index.html>
- 9 : 山崎孝治, 気象研究ノート「北極振動」, 第1章 北極振動の概要, 2003.5月,
<http://www.woa.ees.hokudai.ac.jp/people/yamazaki/AO-note/>
- 10 : 海の表層を駆動する大循環システムの変動は北半球環状モード (Northern Hemisphere Annular Mode, NAM) といわれ、この変動の強さはEU (ユーラシア循環インデックス) によっても現されるとされる。
- 11 : QBO (quasi-biennial oscillation, 成層圏準2年周期振動) は赤道域の成層圏下部の風系が約26ヶ月周期で東西に規則的に変動する現象。
- 12 : PNA (Pacific/North American 太平洋-北アメリカ) は冬季の赤道太平洋の海面水温の異常がはるか北米大陸におよんで寒冬をもたらすテレコネクションで、高気圧と低気圧が互いに幾つか連なり、中・高緯度では偏西風の強風域の位置変化をもたらす。
- 13 : the National Space Development Agency of Japan.
- 14 : Japan Marine Science & Technology Center.
- 15 : IODはインド洋東部 (ジャワ島, スマトラ島沖) で数年おきに海水温が下降し、西部 (アフリカ沖) では上昇する現象をいい、通常5月から6月に発生、10月ごろ最盛期を迎え12月には減衰する。
- 16 : Press Releases 1999/09/16 Source: STA TODAY November 1999. El Nino Phenomenon Found Also in Indian Ocean.
- 17 : MJO (Madden Julian Oscillation : マッデン・ジュリアン振動) は、赤道上空で偏西風と偏東風がぶつかりあい、積乱雲群が発生し、その状態が約1~2か月かけて東進する現象。
- 18 : 新田 尚, 伊藤朋之, 木村龍治, 住 明正, 安成哲三, 2002 : キーワード 気象の事典. 朝倉書店, P520.
- 19 : 1999, 11月, 環境庁国立環境研究所速報.
- 20 : 天気予報技術研究会編集, 1994, 『最新 天気予報の技術』, 東京堂出版, P282.
- 21 : 安定系と変動系 : われわれの世界の状況を俯瞰しようとするときに静止画の写真を撮影するように全体像を描くやりかたがある。しかし時間が経過しわれわれ自身がさらにその歴史の中にいるときには俯瞰

した空間のどの地点に行くにも時間を要する。そのために別の地点で状況を体験するときには全体の俯瞰図は既に変化している。このような静止画的手法で関係を俯瞰したやりかた（安定系）で関係を理解するだけでなく、俯瞰図が時間的にも場合によっては空間座標的にも変化する（変動系）という思考が必要となる場合がある。海水温の変動の関係で遠隔相関が見出せていた現象が気圧偏差の遠隔相関に移行し、あるいはまた対流圏から中間圏現象に移行する等、開かれた系で挑む知的ツールのひとつとしての安定系と変動系を考える。

22 : NIWA's Māori Research Development Unit (Te Kuwaha o Taihoro Nukurangi).

参考文献

- Bhaskar, R. and J. Parker (2010) *Interdisciplinarity and Climate Change: Transforming knowledge and practice for our global future*, Routledge.
- Bolle, H.J. (2003) *Mediterranean Climate-Variability and trend-*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 24-41.
- Kikuchi, K. and Y. N. Takayabu (2004) The development of organized convection associated with the MJO during TOGA COARE IOP: Trimodal characteristics, *Geophys. Res. Lett.* 31.
- King, D. N. T. (2008) Māori environmental knowledge of local weather and climate change in Aotearoa-New Zealand-, *Climatic Change*, Vol.90, No.4, 385-409.
- Leduc, T. B. (2007) Sila dialogues on climate change-Inuit wisdom for a cross-cultural interdisciplinarity-, *Climatic Change*, Vol.85, No.3-4, 237-250.
- Lefale, P. F. (2009) Ua 'afa le Aso Stormy weather today: traditional ecological knowledge of weather and climate. The Samoa experience , *Climatic Change*, Vol.100, No. 2, 317-335.
- Luterbacher, J. et al. (2010) Climate Change in Poland in the Past Centuries and its Relationship to European Climate: Evidence from Reconstructions and Coupled Climate Models, *The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview*, Part 1, 3-39.
- McGregor, G. R. et al. (2005) *Projected Changes in Extreme Weather and Climate Events in Europe*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 14-15.
- Niedzielski, T. (2010) Is There Any Teleconnection Between Surface Hydrology in Poland and El Niño/Southern Oscillation?, *Pure and Applied Geophysics*, Online First™, 21 June.
- Ohashi, Y. and Yamazaki, K. (1999) Variability of the Eurasian Pattern and Its Interpretation by Wave Activity Flux, *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II 77 (2), 495-511.
- Paeth H. and Petra Friederichs (2004) Seasonality and time scales in the relationship between global SST and African rainfall, *Climate Dynamics*, Vol.23, No.7-8, 815-837.
- Peiqun Z. et al. (2005) South Asian high and Asian-Pacific-American climate teleconnection, *Advances in Atmospheric Sciences*, Vol.22, No.6, Pages 915-923.
- Pekarova, P. and Jan Pekar (2007) Teleconnections of inter-annual streamflow fluctuation in Slovakia with Arctic Oscillation, North Atlantic Oscillation, Southern Oscillation, and Quasi-Biennial Oscillation phenomena, *Advances in Atmospheric Sciences*, Vol.24, N.4, 655-663.
- Yadav, R. K. (2009) Role of equatorial central Pacific and northwest of North Atlantic 2-metre surface temperatures in modulating Indian summer monsoon variability, *Climate Dynamics*, Vol. 32, No. 4, 549-563.
- 阪口秀他編 (2008) 『階層構造の科学』, 東京大学出版会, 197.
- 高薮 縁 (2008) 熱帯気象のマルチスケール相互作用, *Japan Geoscience Letter*, Vol.4, No.4. 1-3.
- バスカー, R. (2006) 『自然主義の可能性』, 式部信訳, 晃洋書房.
- バスカー, R. (2009) 『科学と実在論』, 式部信訳, 法政大学出版局.
- 原田やよい他 (2006) 2004年7月に猛暑をもたらした高気圧の成因, 月刊海洋, 号外44, 151-159.
- 矢内秋生 (2005) 『風土的環境観の調査研究とその理論』, 武蔵野大学出版会.