

気候の変動に対する社会の応答を どのように解析するのか？

—— 新しい形での文理融合を目指した統計学的アプローチ ——

中塚 武

(総合地球環境学研究所)

1. はじめに—文理融合の最前線としての 「気候適応史」研究

総合地球環境学研究所において、2014年度から5年計画で開始された連携研究プロジェクト「高分解能古気候学と歴史・考古学の連携による気候変動に強い社会システムの探索」(略称：気候適応史プロジェクト)は、樹木年輪や古文書などを用いて復元された過去数千年間に及ぶ、日本における年単位(近世については場合によって日単位)の気温や降水量についての最新の復元データを、歴史学と考古学が蓄積してきた日本社会に関する膨大な量の史料・資料と突き合わせることで、大きな気候変動が起きた際に、歴史上の人びとがどのように応答したのかを詳細に明らかにし、「気候や環境の変動に強い(弱い)社会システムの特徴とは何か」について、歴史から普遍的な教訓を得ることを目指したものである。

このプロジェクトでは、樹木や堆積物、サンゴ、アイスコア、鍾乳石など、過去数千年間に形成されたさまざまな自然の対象物を、年輪幅の計測から同位体比分析、有機・無機化学分析に至るさまざまな手法で分析し、そのデータに含まれる近・現代の部分を気象観測データと対比して、データの気候学的意味を定量的に明らかにした上で、過去の任意の時代の古気候復元を行なう、という理系の研究が出发点になっている。その最新のデータは、プロジェクトの中で、気候変動に対する社会応答の解析のために、歴史学や考古学を専門とする文系の研究者に対して提供される。つまりこのプロジェクトは、まず「理系から文系への情報提供」という形での文理融合研究である。一方で、近世や中世の文献史学研究の中で普遍的に取り扱われてきた古日記や古文書の天

気記録や気象災害記録からは、精度の高い日単位～年単位の古気候復元が可能であり、また数百～数千年前の気候を年単位で復元するための樹木年輪資料の多くは、遺跡の調査の際に考古学的に発掘されたものでもある。つまり古気候復元のための史料や資料の発見・解読・解析を通して、このプロジェクトは、「文系から理系への史料・資料提供」という形での文理融合研究でもある。

このように気候適応史プロジェクトでは、2つの意味で、文系と理系の間での双方向連携を実現しているが、じっさいには「高分解能の古気候復元」という自然科学的課題と、「気候変動に対する社会応答の解析」という人文・社会科学的課題は、1つのプロジェクトの中で、2つの異質な研究領域として別々に存在している。そして、それらの1つ1つは、これまでも世の中に存在していた研究テーマなのである。つまり2つの領域間での「データや史料・資料の相互提供」という関係性を越えた「新しい形での文理融合」は、上記の過程では未だ実現しているとはいえない。本論ではこの異質な2つの研究領域を、「新しい形で融合させる」ための方法論を提案する。それはプロジェクトで得られる「気候変動データ」と「社会統計データ」を総動員した「統計学的アプローチ」という形で説明され、プロジェクトの中では、理系と文系の垣根を越えて研究成果の全体を共同して取りまとめる「分類・統合グループ」の活動に集約されるものである。

2. 3つのステップからなる研究の 枠組みとその課題

気候適応史プロジェクトの特徴は、以下の3つの

ステップからなる研究過程にあるとされている（図1）。第一に、樹木年輪解析や古文書解読などのさまざまな手法を用いて、過去の気候変動を高い時間・空間解像度で、できる限り正確に『復元』する。第二に、過去数千年間の日本の歴史の至るところに発見できる「大きな気候変動（気温や降水量の変動）が起きた時代」を対象に、歴史史料や考古資料を精査し、気候変動に起因する可能性があるような社会の大きな変化があったかどうか、即ち気候と社会の関係性の有無を『分類』する。第三に、関係性があった場合は“気候変動から社会応答に至る因果関係”を、関係性が無かった場合は“その社会が気候変動の影響を回避できた理由”を、歴史学・考古学的に詳細に解析した上で、その事例群を『統合』し、関係があった事例・なかった事例のそれぞれに本質的に備わっている社会の共通の特性を明らかにする。

これまでの歴史学や考古学の研究でも、「文字史料や遺物資料に表れた人間社会の大きな変動の背景に、過去の特定の気候変動があった」とする推論や論証は、無数に存在する。しかし、そうした既存の歴史学・考古学の研究では、「気候変動が人間社会に大きな影響を与えなかった」という事例が研究の対象になることはなかった。文字史料や遺物資料に気候変動の影響や痕跡が残されていない場合、歴史学者や

考古学者が過去に起きた気候変動の存在に気づくことは不可能だったからである。しかし「気候と社会の歴史的関係」から現代のわれわれが教訓を得ようとするれば、つまり、人間活動の影響で急激な気候や環境の変動が起きつつある今日、われわれがこの変化に伴う危機をいかに乗り越えていけるかという観点から歴史を学ぼうとするならば、むしろ「気候変動が人間社会に大きな影響を与えなかった」（人間社会が気候変動の影響を回避できた）事例からこそ、学ぶべきことが多いことは容易に想像できる。古気候の精密復元から始まるプロジェクトの3つのステップからなる研究の枠組み（図1）は、正にそれを保証するために設計されたものである。

しかし現実には、直ぐにつきのような疑問が生まれる。気候変動が精密に『復元』できたとしても、気候変動と社会応答の関係は、どのように『分類』できるのか。また、上記のような現代的な要請に応えるために、気候変動の影響を回避できた社会の事例を歴史学・考古学的に調べたとして、それらの社会がもっている共通の特性を、無数の事例群の中から、どのように『統合』できるのか。それについて、図1は何も語っていない。『分類』と『統合』に関する、より詳細かつ具体的な研究の枠組みを構想することが必要になる。

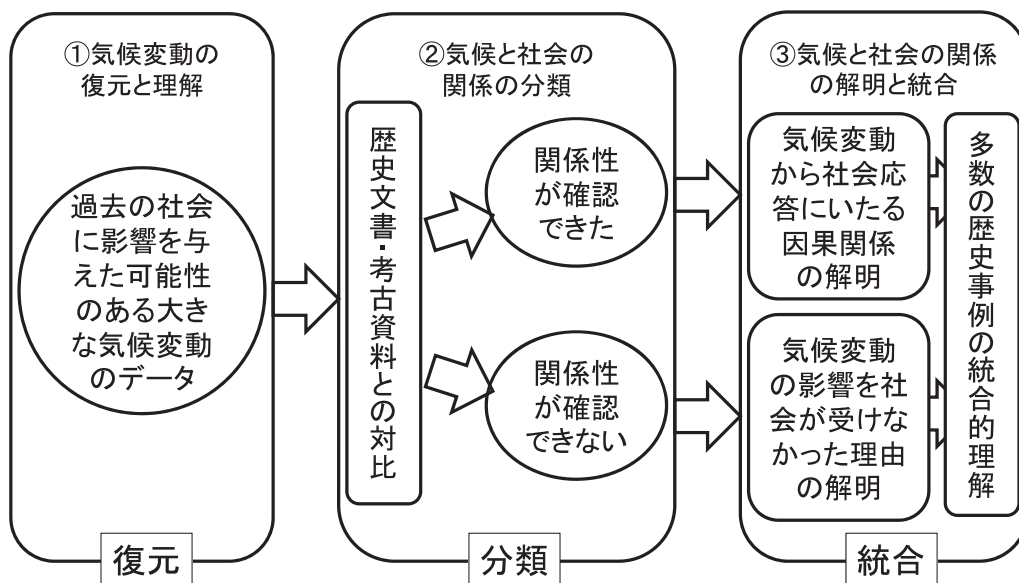


図1 3つのステップから成る研究の枠組み

3. 気候変動と人間社会の関係はどのように語られてきたか—時間スケールの重要性

分類と統合に関する具体的な研究の枠組みを示す前に、そもそも気候変動と人間社会の間には、どのような歴史的な関係性がありうるのか、これまでの研究事例を元に考えてみたい。まず気候変動には、さまざまな時間スケール（周期）のものがある。過去数十万年の間に約10万年の周期で繰り返し起きた氷期と間氷期の変動のような数万年スケールの変動は、規模も大きく、それゆえ、人類への影響も大きかったと考えられるが、このプロジェクトで対象としている歴史上の気候変動は、もっと短い時間スケールのものである。日本の歴史上の人びとに影響を与えたと考えられる気候変動には、天気、即ち気象の現象も含めれば、日単位から月単位、年単位、十年単位、百年単位、千年単位など、さまざまな時間スケールのものがあり、それぞれに、さまざまな影響を人びとに与えてきた可能性がある。

氷河期が終わって地球が温暖化し、それに伴って農耕にもとづく人類の文明が世界各地に誕生していく姿は、「数千年スケール」のものであるし、大陸から日本への稲作の伝播と拡大のような現象は、「数百年スケール」のものである可能性がある。ここでは詳しく述べないが、古代から中世への荘園制の発達や日本社会の転換の背景にも、9世紀から12世紀にかけての長期的な気温の低下が影響している可能性がある（中塚、2016）。一方、短い時間スケールの変動に注目すれば、台風や洪水のような「数日スケール」の現象も、甚大な被害を農産物や人びとの生活に与えるという意味で、多くの古文書に記録されると共に、近世などでは米の全国市場（高槻、2012）における米切手の価格などに日々刻々と影響を与えてきた可能性がある。干ばつや冷夏といった「数カ月スケール」の気象現象も、農業生産への悪影響と広域における飢饉の発生などを介して、人びとに大きな影響を与えてきた（菊池、2003；藤木、2007）。また最近の気候学の研究成果を引用する形で、世界史上の多くの気候災害が、「数年スケール」の変動周期をもったエルニーニョ南方振動（ENSO）のような気候変動のメカニズムで説明されることも多く

なった（Parker, 2013 など）。

それでは、その中間に位置する「数十年スケール」の気候変動は、どうであろうか。従来の歴史学や考古学の研究では、この時間スケールに着目して気候と社会の関係を議論することは少なかつたと思われる。その理由は、第一に、歴史史料に現れる気象・気候災害の記録は、通常、数日～数カ月、せいぜい数年までの現象を著したものがほとんどであり、じっさい、史料の書き手であった過去の時代の人びとに、数十年以上の時間スケールでの気候変動観があったとは考えにくいこと、第二に、これまで歴史学者や考古学者の目に触れる自然科学的な気候変動データのほとんどは、海水準変動（山本、1976）や泥炭コア（阪本、1989）などにもとづく数百年（以上）にわたるものであり、数十年スケールで過去の気候がどのように変化していたかを理解することは難しかったこと、などが考えられる。

しかし本論では、最新の高分解能古気候学の研究成果にもとづいて、「数十年スケール」の気候変動と、それに対する社会の応答に、とくに着目することになる。その理由は、次節に示すように、日本（世界もおなじ）の歴史には、先史・古代から中世・近世まで一貫して、「数十年周期の大きな気候変動」と「戦乱や飢饉の発生、人口の変動、さらには社会体制の転換」の間に、顕著なタイミングの一致が見られることが多いからである。

4. 数十年周期の気候変動への社会の応答 — その意味するもの

図2aと図4に、近世と中世における年単位での夏季気温の変動パターンを示す（中塚、2014より）。図2aは、日本全国の古文書記録を元に復元されたもの（Maejima and Tagami, 1986）であり、図4は、おもにアジアの寒冷域（モンゴルやチベット、ヒマラヤなど）のデータが大きく影響する「年輪幅の広域データベース」を元に計算された、東アジアの夏季平均気温（Cook et al., 2003）であって、西暦800年以降のその全体像は、図3に示した。気温の変動には広域での同調性があるので、図2aと図3のデータは良く合致するが、古文書の数が多い近世について

は、日本の気温変動をより正確に反映していると思われる古文書による復元結果の方を示した(図2a)。

図2aからは、一般に小氷期と呼ばれる寒冷な近世においても、温暖期と寒冷期が「数十年周期」で繰り返し訪れていたことが分かる。温暖期にあたる享保期や文化・文政期には、東北地方でも稲作が進行し、全国的には米余りによる米価の低下などが問題になる反面、豊かな農業生産を反映して人口は増加し(図2b)、東北地方では余剰米の市場への積極的な売却を通じて、藩の財政の市場経済への依存度が深まった(菊池、2003)。その影響の下、寒冷期にあたる宝暦・天明・天保期などには、東北地方を中心に歴史に残る大飢饉が発生した。従来は小氷期の寒冷化に伴う冷害だけが「飢饉の気候学的な背景」として取り上げられてきたが、むしろ温暖期に稲作が成功したことで、寒冷地における「人口の増大」や「全国米市場との経済的な結びつきの強化」などの過度な社会の適応が起きたことが、引き続き寒冷期に被害が増幅する原因になった。つまり、「数十年周期で気温が大きく変動したこと自身」が近世東北におけ

る飢饉の背景にあると考えられる(中塚、2014)。

おなじことは、中世でも顕著に見られる(図4)。中世は近世以上に気温の数十年周期変動の振幅が拡大する時期である(図3)。図4からは、10-20年間にわたって温暖期が続いた直後の寒冷期に、決まって大きな飢饉や戦乱が発生していることが分かる。中世においても近世とおなじように、温暖期に寒冷地で稲作などの農業生産が拡大し、人口増大などの過度な適応が起きていたとしたら、引き続き寒冷期には、それに対する反動でさまざまな社会の危機が生じたであろうことは容易に想像できる(中塚、2014)。同様の気候の数十年周期変動の拡大と顕著な社会応答の見かけの関係性は、弥生時代の末期や古墳時代の末期にも生じていたことが、樹年輪セルロースの酸素同位体比を用いた夏季降水量の復元からも確認できており(中塚、2015b)、日本史の全体を通じて、数十年スケールでの大きな気候変動が、戦乱や飢饉の発生、人口の変動などを介して、人間社会に大きな普遍的影響を与えていた可能性が指摘できる。

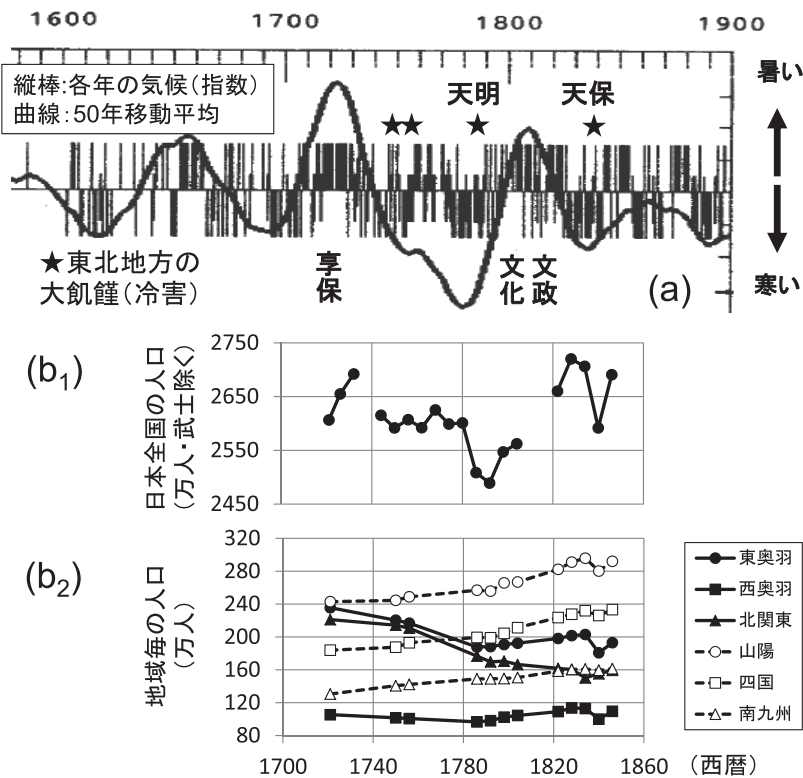


図2 近世日本における夏季気温の変動と飢饉の発生 (a)、全国 (b1) および各地域 (b2) の人口の変遷

気候の変動に対する社会の応答をどのように解析するのか？（中塚 武）

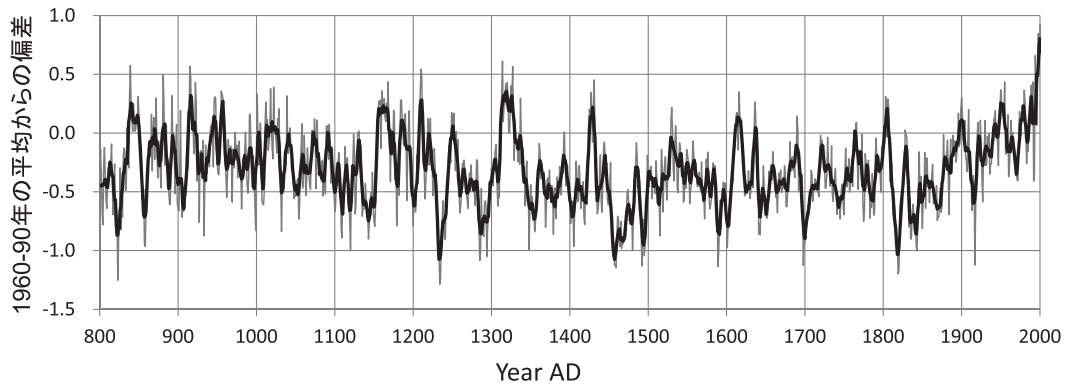


図3 年輪幅の広域データベースを用いて復元された東アジアの夏季平均気温の変動
(灰線が1年ごとの値、黒線が5年移動平均値を示す)

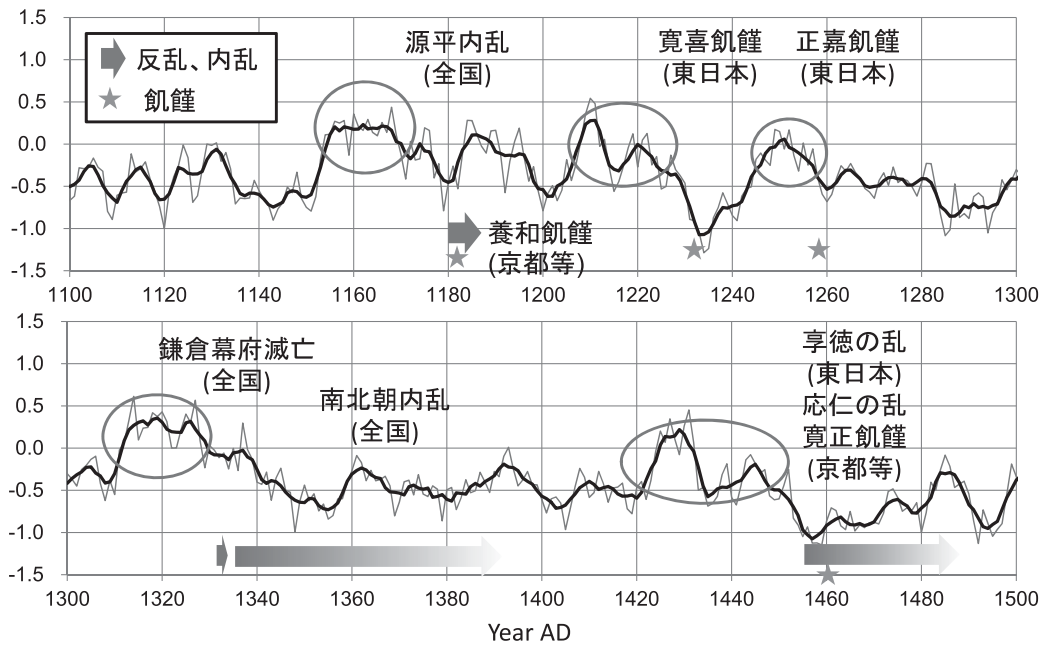


図4 中世日本における夏季気温の変動と飢饉・戦乱の見かけの関係（気温の表記は図3とおなじ）

人間社会が気候の数十年周期変動の影響を受けやすいとしたら、その原因は何であろうか（中塚、2012）。図5に示すように、特定の社会の中における「人口」と「生活水準」は、農業生産力などが規定する広い意味での「環境収容力」の中に収まっている必要があるが、気候変動は、寒冷地の気温を上昇させたり乾燥地の降水量を増やしたりすることで、農業生産力を向上させ、その環境収容力を増大させる可能性がある。この気候変動が数年周期のものであれば、増大した農業生産力は直ぐに元に戻り、人び

とは束の間の豊作を神に感謝するだけかもしれないが、おなじ豊作が10年20年続けば多くの場合、人びとはそれに適応して人口を増やしたり生活水準を向上させたりする可能性がある。問題は、これが数十年周期の気候変動であり増大した環境収容力はやがて縮小して元に戻るということである。しかしその時点では、増えた人口や豊かさに慣れた人びとの生活水準を、自発的に低下させることは難しく、飢饉や戦乱によって半ば強制的に人口が減少したり生活が崩壊したりする。これが、数年周期の変動であ

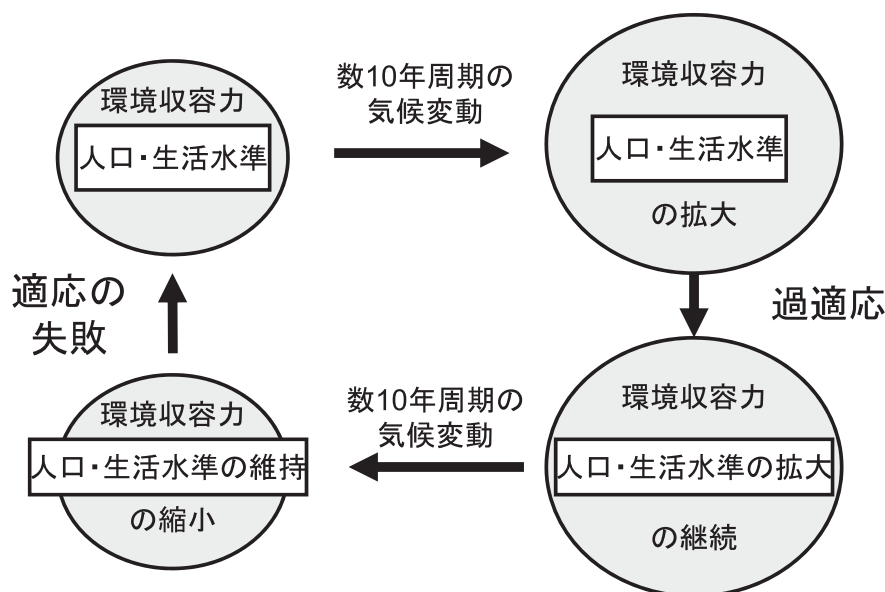


図5 なぜ、人間社会は数十年周期の気候変動に、敏感なのか（作業仮説）

れば、不作の年は穀物の備荒貯蓄などで乗り切ることができるかも知れないし、数百年周期の変動であれば、人口や生活水準は、人びとに自覚さえされずに徐々に変化していくものと思われる。しかし、数十年周期の振動は、人間という生物の寿命とおなじ時間スケールをもつがゆえに、気候変動が人間社会に対して一種の「共鳴」現象を引き起こし、危機が顕在化する訳である。

図2や図4における気候変動と社会応答の間の見かけの関係性の背後には、こうしたある意味で単純なメカニズムが働いている可能性がある。しかしじっさいには、おなじ規模の気候変動が起きてても、社会の応答は一様ではない。近世の大飢饉の際に、おなじ東北地方のなかでも、多くの領民を餓死させた藩があった一方で、一人も餓死者を出さなかった藩があったことは、周知の事実である。中世においても、室町時代の気温の大変動が応仁の乱とそれに引き続く戦国時代を招来したとみられるのに対して、鎌倉時代は気温の大変動によって飢饉は起きてても戦乱にはつながっていかないようにみえる。こうした地域間・時代間での社会応答の相違の背景には、気候変動自身の時空間的な不均質性が影響している可能性もあるが、じっさいには、藩ごと・幕府ごとに気候災害への危機対応のあり方が異なっていたことも、

良く知られている。つまり、「どのような社会システムの状況が気候・環境変動の悪影響を乗り越える上で有効なのか」を比較分析していく上で、豊富な事例が日本史の各所に存在しているといえる。

しかしこれまでは、こうした「気候変動に対する社会応答のあり方」の地域間時代間での比較は、曖昧にしか行なえなかった。それは原因としての気候変動の状況が、中世以前はもちろん、近世であっても、必ずしも良く分かっていなかったからである。つまり、事例A（特定の時代の特定の地域）において気候変動の影響が回避できて、別の事例Bにおいて回避できなかったとしても、それが、「事例Aの社会システムが、事例Bよりも優れていたから」なのか、「事例Aの気候変動が、事例Bよりも小さかったから」なのか、区別がつかなかったのである。このプロジェクトでは、歴史上の無数の気候変動に対する無数の社会応答の事例の一つ一つに対して、「原因」としての気候変動の大きさを、まず定量的に明らかにする。そのことによって、「気候変動」と「（その結果として起きた可能性のある）さまざまな社会応答」の関係が、はじめて客観的に分析できる。次節以降、その具体的な分析方法について、提案していきたい。

5. 気候変動と社会応答をつなぐ概念モデル

数十年周期での大きな振幅の気候変動が、人間社会に影響を与えるとした場合、その過程には、どのような因果関係が考えられるであろうか。ここでは、歴史上の多くの事例に対して普遍的に適用できるようにするために、できるだけ簡潔な概念モデルを示す（図6）。「気候変動」は、弥生時代以降の日本社会では、まず稲作に代表される「農業生産率」に大きな影響を与え、それはつぎに、人びとの「栄養摂取率」を左右し、「出生率・死亡率」を変えて、「人口」を変化させると考えられる。栄養摂取率が低下すれば、「飢饉の発生率」も変わり、「戦乱の発生率」にも影響が出てくるであろう。こうした因果関係は、直線状の矢印の連鎖で示されるが、個々の矢印の“太さ”は、さまざまな社会経済的要因によって左右され、変化しうる。「気候変動」が「農業生産率」に対して与える影響の大きさには、“農業の技術レベル”や“気候の地域特性”、“栽培作物の多様性”などが関係するはずである。つぎに「農業生産率」が「栄養摂取率」をどの程度規定するかは、“備荒貯蓄のあり方”や、“市場を介した穀物輸入の可能性”、“漁業や林業などの農業以外の生業の多様性”などが影響

すると考えられる。「栄養摂取率」が「出生率・死亡率」ひいては「人口」にどう影響するかについては、“疫病への対応能力”に加えて、“平均結婚年齢”や“移動の自由度”など、歴史人口学的なさまざまな要因も関係していると思われる。

図6では、気候変動に対する社会応答の姿を、①『原因』としての気候変動、②『結果』としての人口、飢饉発生率、戦乱発生率の変化、および、③原因と結果の間をつなぐ“矢印の太さ”に影響する諸々の『要因』の3種類に分けて記述することで、次節以降の定量的な解析を可能にしている。

6. 2つの段階からなる統計学的解析の方法論

図6を用いることで、図1に示した3つの研究ステップの2番目（分類）と3番目（統合）は、どのように具体化することができるであろうか。ここでは、日本の歴史上に起きた「無数の数十年周期の気候変動に対する時代ごと・地域ごとの社会の応答」を解析の対象として想定する。図2、3にも表れているように、地球の気候システムには20～50年程度の周期性をもった気候変動モードが多数存在する（川

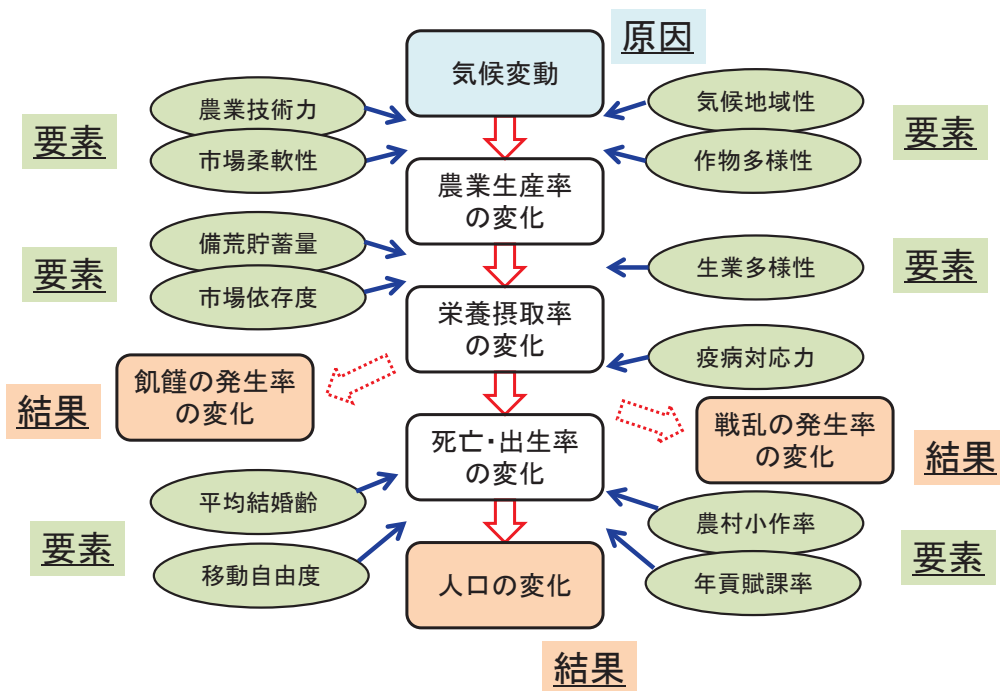


図6 気候変動に対する社会応答の因果関係についての概念モデル

崎ら、2007) し、地球の気候に根源的な影響を与える太陽の活動も10～20年程度の顕著な周期性をもつ。つまり、数十年周期の気候変動は、人間社会に対する影響が最も大きい変動である(図5)と同時に、地球上における気候変動の最も普遍的な時間スケールの一つなのである。

さて、まずステップ2において、「気候変動に対する社会応答の大きさ」を分類するための最も単純な方法は、おそらく図7のように、「気温や降水量の変化率」を横軸に、「人口や飢饉・戦乱発生率の変化」を縦軸にとって、無数の時代ごと・地域ごとの事例をプロットした散布図(X-Yグラフ)をつくることであろう。図6における『原因』をX軸に、『結果』をY軸にプロットして、その関係性の大きさを議論するのである。図7では、事例Aが「大きな気候変動が起きて、余り社会に影響がでない」事例に対応するのに対して、事例Cが「大きな気候変動が起きたときに、社会に大きな影響が出る」事例を表わしている。この場合、影響の強さは、X-Yグラフにおける原点(即ち、気候も社会も時間的に変化しない場合)と各事例の点を結ぶ「直線の傾き」で示される。もちろん、おなじ社会システムであれば、「気候変動とその結果としての人口変動の定量的な関係が“線形”になる」、すなわち“気温の低下幅が2倍になれば、人口の減少数も2倍になる”、という必然性は全くないが、同程度の大規模な気候変動に対する社会の応答に注目して、事例を比較するのであれば、線形性の仮定は余り大きな問題にはならない。いいかえると、気候変動が小さかった事例に対して、その事例の点と原点を結ぶ直線の傾きを議論するのは、無意味であるといえる。つまり、図7の右側(灰色の背景の部分)のみが、解析の対象になる。

つぎにステップ3において、図7に表示された「気候変動に対する社会応答の無数の事例」を統合して、背後にある共通の『要因』を明らかにしていくために、図8を作成する。これは、図7に示された各事例と原点を結ぶ直線の傾き、即ち「気候変動の社会への影響度」を縦軸に取り、図6の『要因』に直接・間接に関係する任意の社会統計データを横軸にとって、できるだけ多くの時代ごと・地域ごとの事例を再度プロットするX-Yグラフである。この図8のX

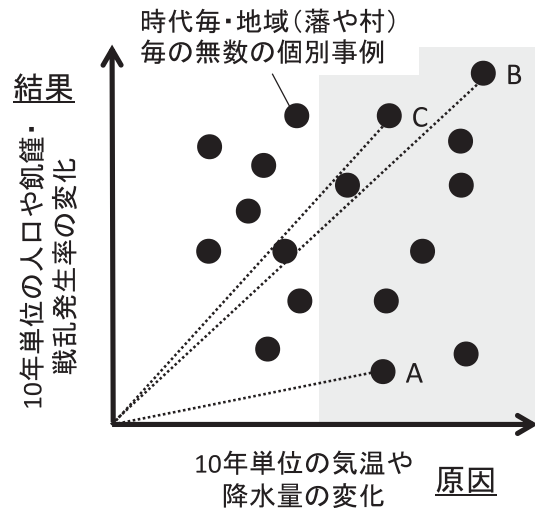


図7 気候変動に対する社会応答の大きさを分類するためのグラフ

軸に用いられる変数は、それが江戸時代の地域ごとの事例の比較であれば、「藩の財政の市場依存度」とか「藩内での社倉・義倉の設置率」とか、およそ事例全体の一部についてでも取得可能なあらゆるデータが想定できる。それが中世の時代ごとの事例の比較であれば、政治・経済体制の時代間での違いを表現できる何らかの指標(例えば、「単位年あたりの幕府の法令の発布数」とか)が、試されることになる。このグラフ上のデータの分布がどのような形になるかは、現時点で全く予想できないが、さまざまな『要因』をX軸として、図8を多数作成する中で、“有意な関係性”を見つけることができれば、そのX軸の変数の一つ一つが、プロジェクトが「探索」を目指している「気候変動に強い社会システム」の“要素”ということになる。

7. 想定される問題点と克服の方向性

図7と図8からなる2段階のデータ解析には、しかし大きな問題点が、2つ指摘できる。第1は、根源的な問題。第2は、技術的な問題である。第1の問題は、「人口」や「戦乱の発生率」はもとより、「飢饉の発生率」ですら、「気候変動」だけの影響で決まるはずはないという問題である。現代の社会をみれば、そのことの意味は自明であろう。では、図7、図8のような解析は無意味なのか。じっさい、これが自

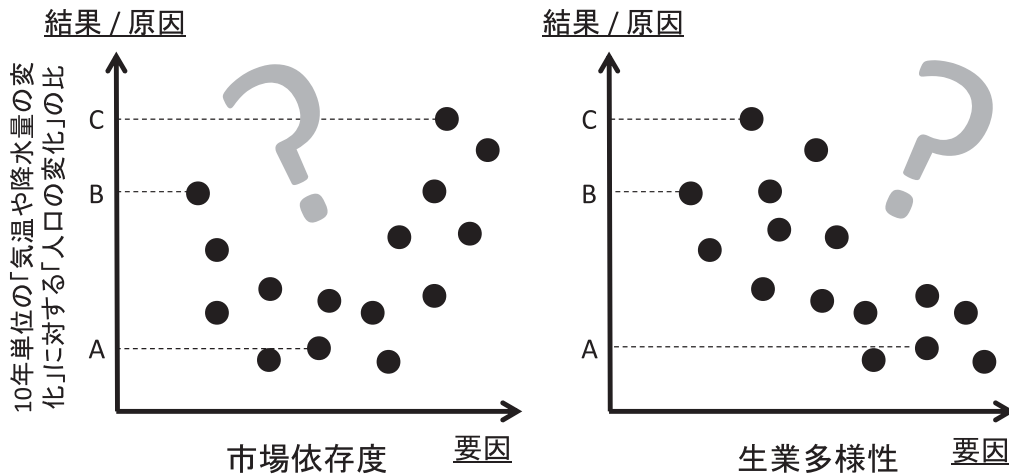


図8 気候変動に対する社会応答の大きさを決めている要因を明らかにするためのグラフ

自然科学の実験室の中で行なわれる物理学や生物学の実験なのであれば、解析の対象とする事例群の諸条件は、考察する特定の『要因』以外、全ておなじにして実験をするのが当たり前であり、この場合のように、そのほかの『原因』や『要因』が同時に介在する可能性を許すことは、実験の条件としてはあり得ない。しかし一方で、人文・社会科学では、人間や社会を研究者の支配下において「実験」の対象にすることは通常許されないので、現代の社会や人びとを対象にした研究では、多数の要因（原因）が同時に介在する事例群を注意深く観察して多くのデータを取りながら、「多変量解析」などの数理統計的な手法を駆使して、その中の因果関係を解析することは、普通に行なわれている。その背景には、「多数の『要因（原因）』が同時に変動しても取り扱う事例の数が十分に多ければ、図8のようなグラフから特定の『要因』の役割を明らかにすることは可能である」という合理的推論がある。それは、人口や戦乱、飢饉などに影響する、気候変動以外の『原因』の存在は、図8のグラフの誤差（バラつき）を大きくして、その相関性を低めることにつながるが、「取り扱う歴史上の時代や地域の事例数」を十分に多くすることで、その問題は克服可能であることを意味している。このことが正に、従来の歴史学や考古学の研究には無かった「統計学的解析」の最大の優位性である。

第2の問題は、「気候変動」と「農業生産率」の間には、「気候の地域性」という図8で解析の対象に

きない“非社会的”な要素が介在するので、例えば、図7で「気候変動」と「人口変化」の関係をプロットできたとしても、図8の解釈に進むことができない、という実践的な問題である。例えば、近世のある時期に気温が低下した場合、その農業生産率への影響は、当然、寒冷な東北と温暖な九州では異なる。じっさい、人口は冷害による飢饉の際、東北では大きく減少するが、九州ではほとんど減少しなかったことが分かっている（鬼頭、2000）。この影響の大きさの違いは、「社会システム」の違いというよりも「気候の地域性」の違いに起因するのであって、図8の議論の前に補正しておく必要がある。具体的には、図7のX軸には「気温や降水量の変化率」をそのままプロットするのではなく、図9のように、「気温や降水量の変化率」から導かれるその地域の「農業生産率の変化」をプロットすることが必要になる。しかし、プロジェクトのステップ1で、普遍的に得られるのは、気温や降水量などの古気候データのみであって、農業生産率ではない。どのようにすれば、このギャップを乗り越えられるであろうか。

プロジェクトでは、江戸時代の日本全国の村々で保管されてきた「免定」のデータを用いて、そのギャップを埋める方法を検討している。「免定」とは、江戸時代に領主が支配下の村ごとに、毎年発行していた年貢の請求書であり、そこには村の基礎的生産力を表わす「石高」と共に、気象災害などの影響で農業生産量が低下したことなどを反映させた「残高

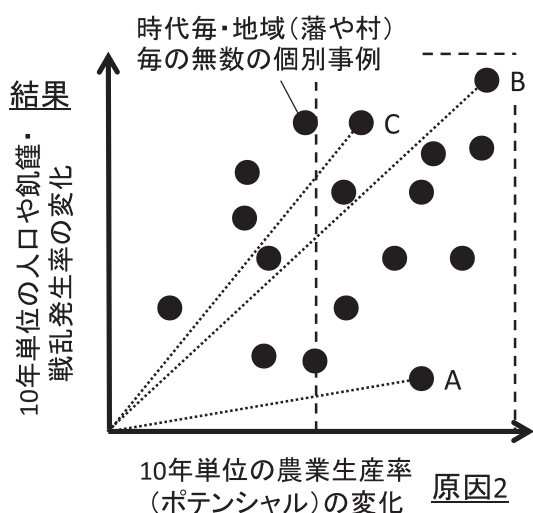


図9 気候変動に対する社会応答の大きさを分類するためのグラフ (その2)

(のこりだか)」が、「年貢」の額の算出根拠として記録されている。この「残高」は農業生産量そのものではないが、その変動は、農業生産率の変動をある程度忠実に反映していると考えられ、じっさい、琵琶湖周辺の村々では夏の降水量の増大に伴う水害が残高を大きく減少させてきたことが、中部日本の年輪酸素同位体比の時系列データとの比較などからも明らかになってきている(鎌谷ら、2016)。「免定」は、東北から九州に至る全国各地の村々で保管されており、その古気候データとの比較によって、気候と農業生産率の関係を全国の地域ごとに定式化できる可能性がある。もっとも気候、とくに降水量の変動が農業生産に与える影響は、村の標高や河川からの距離などの地形的要因によっても左右されるので、おなじ地域でも、地形環境の異なる多くの村々から免定のデータを取得することが望まれる。一方で農業生産率は、気候だけで決まる訳ではなく、施肥や治水・利水などの農業や土木の技術的な影響も受ける。それゆえ、「免定」から“地域ごと・地形ごとに定式化”できる「気候と農業生産率の関係」とは、あくまでも潜在的な関係(「気候」と「農業生産ポテンシャル」の関係)にすぎない。農業技術や土木技術の進歩によって、気候変動と関係なく農業生産率が向上した場合は、別途、図8のX軸の社会統計データ(例えば「農書の普及率」、「金肥の導入割合」など)との関係の解析から、その要因の重要性を明

らかにしていくことになる。

「古気候データ」と「免定の残高データ」を地域ごと・地形ごとに比較して、「気候(気温や降水量)と農業生産率(のポテンシャル)」の関係を定量的に明らかにすることに成功すれば、その知見を「年単位の古気候データ」と結びつけることで、「免定のない時代や集落における農業生産率の経年変化」を推定することが可能になる。その成果は、近世の期間内に留まらず、おなじ日本で稲作を主体とする農業生産が行なわれていたという意味で、中世以前の弥生時代にまでさかのぼって、適用することができる。復元・推定されることになる「弥生時代以降の日本各地における年単位の農業生産率(ポテンシャル)」のデータは、プロジェクトの範疇に留まらず、今後の日本史の研究に、はかりしえない影響を与えていくことが期待される。

8. 必要となる定量的データの現状

「免定」は、日本各地の村々(具体的には村の庄屋を務めていた旧家および、そこから史料を引き継いだ各地域の公的図書館など)に残されているが、図7や図9を作成するためには、免定のデータと共にX軸(図6の『原因』)の値を計算するために使われる高分解能の「気温・降水量データ」だけでなく、Y軸(図6の『結果』)の元となる、地域ごと・村ごとの「人口データ」や、気象災害史料などとも結びついた「飢饉や戦乱の記録」を、多数収集する必要がある。飢饉や戦乱の記録については、膨大な先行研究があり、中世の全時代を網羅した気象災害史料のデータベース(藤木、2007)などの活用が可能なので、ここでは人口データの状況について、述べておきたい。

江戸時代には、徳川幕府の手で享保期以降6年に1回の割合で、全国の国別の人口調査が行なわれた(関山、1958)。「6年に1度」という時間解像度ではあるが、これまで議論してきたように、図7～図9における解析の対象として、まず数十年周期の気候変動を念頭においているので、6年に1度でも、重要な気候変動の局面ごとに、正確な人口データを東北から九州にいたる地域別・国別に得ることができる。こ

れを元に、図7～図9を構成する膨大な数の事例群を得ることが可能である。一方、もっと小さな空間スケールに目を転じれば、江戸時代には、各地の寺院の門徒内での死者の変遷を記録した「過去帳」や、キリシタン弾圧のために毎年正確に作られた「宗門改帳」のような、人口の動態とその変動要因を年単位で詳細に明らかにできるような史料が、各地でたくさん作られた。とくに「宗門改帳」は、村の中の家ごとの家族構成の変化が年単位で追跡できるため、結婚や出産、就職や引越など当時の人びとの生活史を詳細に明らかにできる歴史人口学的世界的な第一級資料になっている（速水、2009など）。過去に行なわれた歴史人口学の国際共同研究プロジェクトなどの中で、日本各地から宗門改帳が収集され公的機関に保管されているが、じっさいには未だその一部しか解読されていない。それは歴史人口学の研究にとって有益な全ての情報を宗門改帳から読み取る作業には膨大な時間を要するからであるが、一方で、年ごとに各村で作成される宗門改帳の裏表紙には、村のその年の総人口が男女別で記されている。プロジェクトの目的の早期達成のためには、そうした簡易データのみを読み取る作業も、早期に進めていく必要がある。

一方で、図8のX軸（図6の『要因』に対応するもの）に供されるべき社会統計データに、どのようなものが含まれるべきなのかについては、現時点では、その全貌を予測することは難しい。図7や図9

にプロットされた事例群の一部に対しても取得可能な、あらゆる種類の社会統計データが、検討されるべきであるが、現時点で大量に取得できることが分っている重要な社会統計データに、「物価データ」がある。米の価格をはじめとして、膨大な品物の物価データが、年単位～日単位で記録されているので、それらは「日単位の変動の特性を、年ごとにまとめて定量的に解析すること」も含めて、図8のX軸に供することができる膨大な社会統計データ群になる。

9. まとめ—歴史から教訓をいかに引き出し現代に生かすか

図1に示したように、気候適応史プロジェクトの究極の目的とは、「大きな気候変動が起きたときに、それに動じない社会システムのあり方」を明らかにすることである。そのために、日本史の全体を対象にして、教訓を掘り起こす作業を行なうのであるが、その際の方法について、本論では議論した。もとより歴史学の研究の特徴は、時代と地域が限定された個別の史料（群）を深く読み解くことで、その時代や地域の本質を明らかにすることにある。その史料群の時代と地域が、図1のステップ3における「気候変動の影響を社会が受けなかった」ように見える事例に対応している場合、その研究はプロジェクトの究極の目的に直接貢献できるものとなる。おなじことは、個別の遺跡の資料を深く検討する学問であ

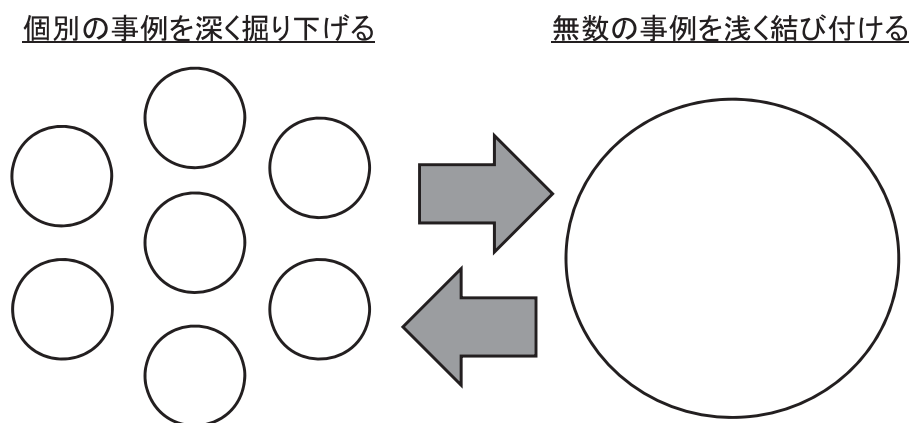


図10 無数の事例を“浅く”統合する「統計学的アプローチ」(右)と個別事例を“深く”解析する「歴史学・考古学的アプローチ」(左)の関係

る考古学の研究にも、ある程度当てはまるであろう。一方で、従来の歴史学や考古学が苦手としてきたことに、時代や地域を越えて膨大な数の事例を取りまとめて、その背後にある共通の要因を抽出するような作業がある。本論では、そうした作業の可能性について議論したが、もしもそれに成功したならば、図1のステップ3における同様の事例群（気候変動の影響を社会が受けなかったように見える事例群）の背後にある共通の『要因』を、より説得力のある形で提起することが可能になるに違いない。

「歴史の教訓を現代社会に役立てる」、具体的には、「歴史の教訓を急速な温暖化や資源枯渇といった地球環境問題に直面するわれわれのこれからの社会設計に生かしていく」ためには、その教訓を「だれもが受け入れられる形」で歴史から抽出し、社会に提供していく必要がある。その際には、「狭いが深い具体的な個別事例」がもつ“共感力”と「浅いが広い普遍的な共通事例」が示す“説得力”の両者の利点を組み合わせることが、重要である。すなわち、本論で示した「統計学的な解析」は、プロジェクトの唯一のゴールではない。図10に示すように、「個別事例を対象とした数多くの歴史学・考古学的研究」と「全体事例の分類と統合にもとづく統計学的研究」は、相互作用しあって弱点を補い合い、つぎの研究課題を互いに指摘し合うことができる、相補的な関係であるべきものであると考えている。

引用文献

- 鎌谷かおる・佐野雅規・中塚 武 (2016) : 「日本近世における「年貢」上納と気候変動—近世史研究における古気候データ活用の可能性をさぐる—」 *日本史研究* (投稿中)
- 川崎 健・花輪公雄・谷口 旭・二平 章編 (2007) : 「レジーム・シフト—気候変動と生物資源管理」成山堂書店
- 菊池勇夫 (2003) : 「飢饉から読む近世社会」校倉書房
- 鬼頭 宏 (2000) : 「人口から読む日本の歴史」講談社学術文庫
- 阪本 豊 (1989) : 「尾瀬ヶ原の自然史—景観の秘密を探る」中公新書
- 関山直太郎 (1958) : 「近世日本の人口構造」吉川弘文館
- 高槻泰郎 (2012) : 「近世米市場の形成と展開」名古屋大学

- 出版会 . pp.403.
- 中塚 武 (2012) : 気候変動と歴史学. 『環境の日本史 ① 日本史と環境-人と自然』(平川 南編) 吉川弘文館, p.38-70.
- 中塚 武 (2014) : 平家はなぜ滅んだのか—気候変動という視点. *HUMAN*, 7, 132-141.
- 中塚 武 (2015) : 酸素同位体比がもたらす新しい考古学研究の可能性. *考古学研究*, **62**, 17 - 30.
- 中塚 武 (2016) : 高分解能古気候学の進展と新しい歴史学研究の可能性 : *日本史研究* (投稿中)
- 速水 融 (2009) : 「歴史人口学研究—新しい近世日本像」藤原書店
- 藤木久志 (2007) : 「日本中世気象災害史年表稿」高志書院
- 山本武夫 (1976) : 「気候の語る日本の歴史」そして文庫
- Cook, E. R., P. J. Krusic, K. J. Anchukaitis, B. M. Buckley, T. Nakatsuka, M. Sano and PAGES Asia2k Members (2013) : Tree-ring reconstructed summer temperature anomalies for temperate East Asia since 800 C.E. *Climate Dynamics*, **41**, 2957-2972 doi: 10.1007/s00382-012-1611-x41.
- Maejima, I. and Tagami, Y. (1986) : Climatic change during historical times in Japan: Reconstruction from climatic hazard records. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, **21**, 157-171.
- Parker, J. (2012) : “Global Crisis: War, Climate Change and Catastrophe in the Seventeenth Century”, Yale University Press.