

## 過去・現在・未来における気候変動の解明

Climate (クライメイト) とは日本語で「気候」を指します。本研究室では、気候の成立とその変動メカニズムについて、観測データと数値モデルを組み合わせることにより研究を行っています。対象としている空間スケールは全球ですが、とりわけ日本を含む広域モンスーンを中心に研究を進めています。時間スケールに話を転ずれば、鮮新世中期[3Ma]の温暖な気候をはじめとする様々な古気候復元実験（最終氷期最盛期[21ka]、気候最適期[6ka]、過去1000年の気候 [last millennium]) を行い、観測プロキシとの照合を行っています。また、エル・ニーニョ現象に代表される気候の年々変動（一般には異常気象と称される）についても季節予報の精度向上を念頭に研究を行っています。近年では地球システムモデル、高解像度の大気循環モデル、領域気候モデルなどを有機的に組み合わせることにより、二酸化炭素の増加による近未来の気候変化予測に取り組んでいます。

気候研究の歴史を紐解けば、第二次世界大戦前後までは、観測データの収集に基づく気候図の作成が「気候学」の命題であり、博物学的な要素が大きい学問分野でありました。1980年代になると人工衛星による全球観測データや客観解析データの蓄積により、前述のENSO（エル・ニーニョ・南方振動）研究が急速に進展しました。1990年代以降は温室効果ガスの増加による地球温暖化が広く認識されるようになり、地球環境に関する問題意識の高まりとともに、気候変動や気候シフトといった気候研究がクローズアップされています。

このような歴史的な背景の中、過去・現在・未来の気候について、当該研究室では、内在する大気・海洋・陸面間の相互作用（熱・水・物質の循環）の解明を目指し研究を進めています。ここでは未来の気候に関する研究をご紹介します。

### <温暖化予測>

私達の生活は、温帯低気圧の通過や台風の襲来、熱波や寒波、豪雨や干ばつの発生をはじめとした大気や海の現象の現れ方に大きく影響されています。一方で人間の活動によって排出された二酸化炭素などの温室効果ガスが大気中に蓄積して地球温暖化をもたらしていることがわかってきています。地球温暖化が進むと、暑くなるだけでなく、身近な気象現象も変化します。いったいどのように変化するのでしょうか？ 気候の将来を予測するためには、「気候モデル」を使ってコンピューターシミュレーションを行います。我々は世界中の様々な機関から集められた24個の気候モデルによる20世紀の気候の再現実験および21世紀の気候の予測実験の結果を比較し、日本に関わる天候現象の将来予測研究を行いました。なお、この研究は「環境省環境研究総合推進費」の支援を受け、複数の大学・研究所との共同研究として実施されました。その成果の一部を一般の方にもわかりやすいリーフレットにまとめたので、本研究室で実施した内容を抜粋してご紹介いたします。

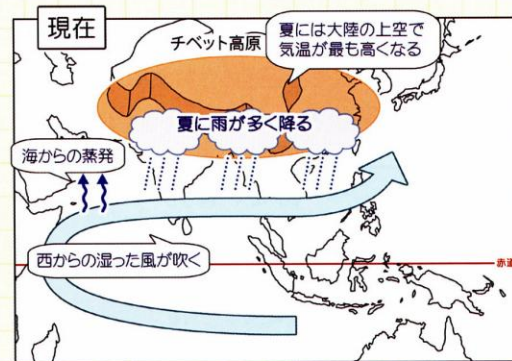


# アジアモンスーン

～ アジアモンスーンの西風と降水の将来変化 ～

## ◆ アジアモンスーンとは？

インドやインドシナ半島の地上付近では、夏になると西からの暖かく湿った風（図1上の水色矢印）が吹くようになります。この風はモンスーン西風と呼ばれ、アジアの熱帯域に大量の雨をもたらし、農業など地域の生活にとって重要な水資源となっています。



## ◆ モンスーン西風と海陸気温差の関係

夏になると、上空約5～12kmの気温が、インド洋の赤道付近よりもアジア大陸上で、より高くなります（図1上のオレンジ）。夏になると、この海陸の気温差ができることにより生じます。

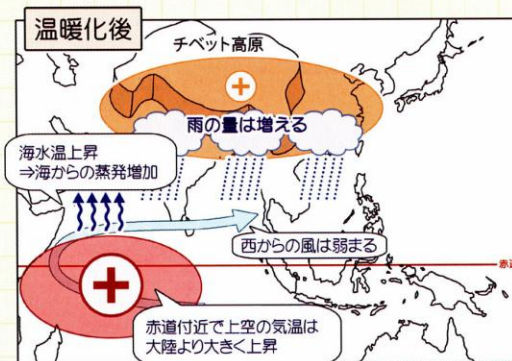


図1：（上）現在の夏のアジアモンスーンの模式図。大陸と海との温度差を感じて湿った西風が吹く。（下）温暖化した21世紀末での模式図。温度差が小さくなるので西風が弱まる。

## ◆ 温暖化するとモンスーン西風はどうなる？

アジアモンスーンの西風は、温暖化に伴ってどう変化すると予測されているのでしょうか？ モンスーン西風の変化を知るためには、このインド洋とアジア大陸の気温差がどう変わるのか、調べる必要があります。世界各国で開発された気候モデルの中から、アジアモンスーンが始まる5月の風がよく再現されているモデルを選んで調べてみました。

温暖化すると、インド洋でもアジア大陸でも、上空の気温は上昇します。ただし、その気温上昇の幅はインド洋でアジア大陸より大きいので、インド洋とアジア大陸上の気温差は現在に比べて小さくなりま

参考文献：暑いだけじゃない地球温暖化-世界の気候モデルから読む日本の将来-。環境省環境研究総合推進費 S-5-2 リーフレット，1-23。

URL：[http://air.geo.tsukuba.ac.jp/~hueda/Japanese/zhe\\_zuo\\_wu\\_\(lun\\_wen\\_deng\)\\_files/AORI\\_S52\\_web.pdf](http://air.geo.tsukuba.ac.jp/~hueda/Japanese/zhe_zuo_wu_(lun_wen_deng)_files/AORI_S52_web.pdf)

## <異常気象や古気候などの研究>

最近の顕著な気候変動の事例としては、2010/11年、2011/12年の寒冬(多雪)、2010年の猛暑、2011年のタイの洪水などが挙げられます。これらは一般には異常気象と称されますが、その物理過程を調べていくと、かならずしも「異常=Abnormal」という言葉が適切でないことがわかります。詳細については、今年(平成24年3月)に筑波大学出版会より「気候システム論-グローバルモンスーンから読み解く気候変動」というタイトルで拙著を上梓しましたので、興味のある方は手に取っていただければと思います。

ご参考までに、本の「はじめに」の部分を抜粋します。目次については、Tulipsでご確認いただけます (<http://www.tulips.tsukuba.ac.jp/dspace/handle/2241/116756>)。

### はじめに

気候変動がこれほど注目されている時代はない。夏や冬の月平均気温が平年(一般には過去30年平均値)に比べて3℃程度高かったり、低かったりすれば、世間には異常気象という言葉が氾濫する。加えて地球温暖化という別の時間スケールの現象が、話をさらに複雑にしている。ひとたび極端な気象に見舞われると、我々はその変動成分である平均値からのズレ(偏差)に注目しがちである。しかし、平均的な気候の形成要因についての理解なくしては、問題の本質を捉えているとは言えない。日本の気候を例に取れば、毎年あたりまえのように訪れる春夏秋冬も、実はよく観察すると、単純な太陽入射量の季節変化に対して大きく変形されている。この理由は、大気や海洋、雪氷、植生、土壌などの様々なサブシステム間の相互作用とフィードバックにある。

モンスーンという言葉からは、暖かい南よりの湿った風、もしくは冬季の乾いた冷たい北風が連想される。本書では、これらの風や雨の3次元的な構造を記述するだけでなく、それらを作り出すシステムの説明に紙面を割いている。モンスーンの前に「グローバル」を付けた理由は、モンスーンが海洋上を含む、熱帯から中緯度の広範な領域に渡って分布しているだけでなく、領域間の相互作用が重要であることに根ざしている。

本書はある程度の気象学の基礎を有した学部2・3年生、もしくは修士課程から新たにグローバル気候学を学ぶ学生や、気象予報士、若い研究者を対象とし、気候システムの理解に必要な気候力学と海洋力学のエッセンスを大局的に修得することを目的としている。主に取り扱う地域は高緯度を除く広範なモンスーン地域とし、その中で起こっている大気・海洋・陸面間の相互作用の実例を交えながら、気候システムの奥深さを理解できるよう努めた。

便宜上、本書の前半では熱帯における海洋力学を取り扱い、その後にモンスーン気候力学を論じている。これは、力学的には海洋力学も気候力学も基本とする方程式は同じであること、遅延振動子のように、各種の波動や大気海洋相互作用を実際の現象として認識し易いためである。

当初は数式をあまり使わずに、用語や現象の紹介にとどめることも考えたが、より深く物理機構を理解するために、あえて方程式を取り入れた。ただ

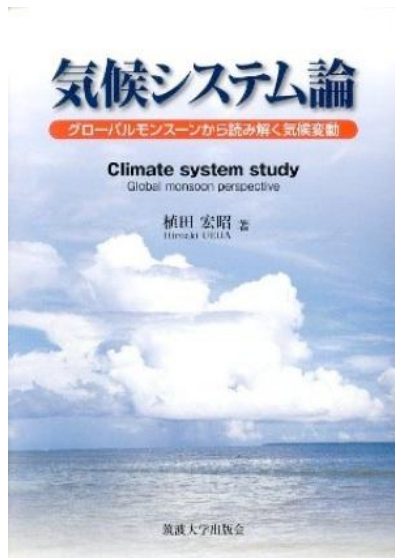
し、最終的な関係式のみを掲載するのではなく、初めての人でもつまづかないように、数式を最初から丁寧に導出することにも腐心している。これは、筆者自身が学生時代に、難解な教科書の導入部で断念してしまった苦い経験に基づいている。

気候力学は既存の気象力学を基礎とし、過去四半世紀の間、地球温暖化などに代表される気候変動の理解に対する社会的な要請の中で急速に発展している。本書では基礎的な内容に加え、最近発見された現象や、議論中の事項も積極的に取り入れている。

気候システムという広範な内容を一人で執筆するのは暴挙であり、かなりの勇気が必要とした。敢えてこれを行ったのは、一人の著者の理解の範囲内ではあるが、一つの基軸から全体像を見わたす訓練も、学問の細分化が進む中で大事ではなかろうかと思ったからである。この本を通じて多くの人が、気候の形成や変動の謎解きの面白さに興味を持つようになっていただけたら幸いである。

## 参考文献

植田宏昭, 2012: 気候システム論 -グローバルモンスーンから読み解く気候変動-, 筑波大学出版会, 235 頁, ISBN 978-4-904074-21-3 C3044



植田研究室の皆さん

(問合せ先)

植田宏昭:hueda@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

HP: <http://air.geo.tsukuba.ac.jp/~hueda/>

生命環境科系 教授

(持続環境学専攻・環境科学専攻・地球環境科学専攻・地球科学専攻・地球学類担当)