

B-061 人間活動によるアジアモンスーン変化の定量的評価と予測に関する研究
(1) アジアモンスーン降水量の広域・高精度解析

公立大学法人首都大学東京都市環境科学研究科

松本 淳

〈研究協力者〉 公立大学法人首都大学東京都市環境科学研究科

金森大成・福島あずさ

独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境観測研究センター

久保田尚之・遠藤伸彦

財団法人東京都環境整備公社 東京都環境科学研究所

赤坂郁美

平成18～20年度合計予算額 21,325千円

(うち、平成20年度予算額 7,781千円)

※上記の合計予算額には、間接経費4,922千円を含む

[要旨] 複数の陸上域での降水量のグリッドデータセットを用いて、過去の観測データによるアジアモンスーン地域での前世紀における降水量の長期変動傾向を調査し、長期の降水変化傾向のデータセット間での相違、地域や季節性について明らかにした。独自に収集したデータから新たな降水量グリッドデータも作成し、既存のデータとの比較も行った。データセット間での違いは中国やインドでは小さく、東南アジアやバングラデシュで大きく、これらの地域における長期変化の研究には注意が必要であることがわかった。降水量の長期変化傾向としては、夏のモンスーン季にチベット高原南東部やバングラデシュ・長江流域に有意な増加傾向が認められた。降水量の変化傾向として、インド周辺での春季と夏季に顕著な変化がみられたため、インドにおいて降水の季節変化および長期変化傾向の地域性について詳細な解析を行なった。長期変化の原因となる大気循環の変化として、夏についてはアラビア海での西風ジェットの弱まりが、春については季節内変動の変化が主要な原因として考えられた。フィリピンでは、これまで使われていなかった前世紀前半の日降水量データを本研究の実施中に発見し、新たなデータセットを作成し、降水量・降水日数・雨季入りの時期・台風襲来数などの長期変化についての詳細な解析を行った。夏の雨季入りは近年遅くなる傾向があると共に、年による変動がきわめて大きくなっていること、台風の上陸数には20世紀を通じて数十年スケールでの長期変動が卓越し、顕著な長期変化傾向は認められないことがわかった。台風の長期変化傾向については、地域による違いも大きいことがわかった。

[キーワード] モンスーン、降水量、雨季、トレンド、台風

1. はじめに

本課題では、過去の観測結果から解明されるアジアモンスーンの変化について、既存のグローバルなデータセットおよびアジア各国から収集する多地点の降水量データを用いたより詳細な解析によって、過去数十年（以上）におけるモンスーンによる降水量および降水強度の長期変化の実態を詳細に明らかにする。

2. 研究目的

アジアモンスーン地域において、過去の観測時代における降水量およびの長期変動に、どのような地域的傾向がみられるのか、季節ごとおよび月ごとに解析を行い、観測からわかる前世紀におけるモンスーンに伴う降水量および降水強度の長期変化を解明することを目的としている。

本研究では、降水量データセットを複数使い、広域的变化傾向のデータセットによる違いを調査する。また、降水量の長期変化傾向の地域性・季節性を解明する。有意な長期的変化がみられた地域については、その原因についても調査する。さらに、従来の研究では全く使用されていなかったフィリピンにおける1901-40年における詳細な気象データが発見されたため、フィリピンにおける降水および台風の長期変化について、重点的に取り組んだ。

3. 研究方法

アジア全域について、GPCC (Global Precipitation Climatology Center) の“VASclim0” (Variability Analysis of Surface Climate Observations) プロジェクトによる過去50年分の全球グリッドデータセット (A new 50-year precipitation climatology 1951-2000) より0.5°グリッドデータ、およびCRU (Climatic Research Unit) による Global Precipitation Dataset 2.5 by 3.75 Degree Gridded Data Set (1900-1998, Monthly) を用いてトレンドの差異を調査した。トレンドの統計的有意性については以下すべてMann-Kendall検定を用いた。顕著なトレンドがみられた中国北東部と長江流域、バングラデシュ、インド南西部について、領域平均した時系列データを比較した。

東南アジアおよび中国については、本研究を含め独自に収集した日降水量データならびにEndo et al. (2005) で使用した中国の日降水量データを使用し、降水量と降水特性の長期トレンドを年・季節ごとに評価した。期間はデータの関係で1961~2000年 (ミャンマーのみ1966~2000年) である。降水日数 (日降水量が0.1mm以上)、年平均降水強度 (年降水量を降水日数で除したもの)、日降水量を多い順に並べたときの上位10%に区分された豪雨日の出現頻度、日降水量が50mm以上の日数、年最大5日降水量を降水特性の指標として長期トレンドを調べた。トレンドに単回帰式を当てはめ、その傾きから変化量を求めた。さらにCRU TS2.1とGPCC VASclim0データ (0.5度グリッド、1951~2000年) を用い、東南アジアにおける降水の長期トレンドのデータセット間での相違を調査した。長期トレンドの空間分布と長期トレンドの大きさが、各グリッド降水量データセットによって異なることが示され、特にインドシナ半島に関しては、長期トレンドの空間分布がデータセット間で著しい違いが認められ、その違いがそれぞれのグリッド降水量データセット作成時に使用された降水観測地点数の違いに依存している可能性が示唆された。そこで本サブテーマの課題として東南アジア諸国の水文気象機関より収集した降水量データを使用し、東アジア・東南アジア諸国における降水の長期トレンド並びに経年変動をよりよく表現できるグリッド降水量を新たに作成した。

ついで、降水量変化傾向の地域性および季節性について広域的な傾向を明らかにしたのち、顕著な変化が認められた春および夏のインドについて、インド気象局が作成した、長期にわたっての品質が均質とされる日降水量グリッドデータ ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$) (Rajeevan et al., 2005) を1951-2003年の期間について使用して、降水量変化の詳細な地域性と変化をもたらした広域的な循環場についてERA-40より850hPaにおけるu, v-wind velocityの春季平均値 (March, April, May) を用いて解析した。

詳細な20世紀前半における気象データが入手できたフィリピンについては、降水特性の長期変化傾向を調査した。20世紀前半のデータはフィリピン気象月報より、現在の観測地点と緯度・経度が近い39地点 (出来る限り1'以内の地点を選定) のうち、欠測値が研究対象期間中に1割以下の地点を使用した。1902-1939年の期間内にデータが長期的に得られる15地点前後を使用した。20

世紀後半のデータとしてはPAGASA (Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration)から得られた1961-2002年の日降水量データを用い、欠測の少ない41地点を使用した。

1902年4月-1940年3月(降水日数の場合は1904年4月-1940年3月)と1961年4月-2002年3月までの各期間における年降水日数、季節降水日数、年降水量、季節降水量を算出した。季節は降水量の季節進行の特徴を考慮し、2つにわけて4-9月と10-3月とした。降水日数は0.1mm以上の日降水量を記録した日数を集計した。次に各統計量のMann-Kendall statisticsを求め、有意水準5%で両側検定を行った。この結果から得られる各統計量の20世紀前半と後半における長期変化傾向の特徴を比較した。また、20世紀後半については、夏の毎年の雨季入りの時期を、半月単位での降水量分布パターンのEOF解析から決定し、その長期変化傾向を調査した。さらにフィリピン気象月報に記載されている西部北太平洋域の1902年～1940年の台風経路の緯度経度情報を電子化し、台風経路について品質検査を実施した。フィリピン気象月報の台風経路と1945年以降のアメリカのJTWC (Joint Warning Typhoon Center)の台風データセットを合わせて用いることで、過去100年間(戦時中は欠測)のフィリピン周辺の台風数の長期変動を調査した。

4. 結果・考察

(1) 複数のデータセットでのトレンドの比較

Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC)第四次評価報告書では、6種類の全球グリッド降水量データを用いて(それぞれのグリッド降水量データによって利用可能な期間は異なる)20世紀における全球並びに地域の降水量トレンドを評価した。本サブテーマでは、Global Precipitation Climatology Center (GPCC)によるグリッド降水量データ(GPCCのFull ProductsならびにVASCLIM0 (Variability Analysis of Surface Climate Observations)プロジェクトによるデータ)、University of East AngliaのClimatic Research Unit (CRU)が編集したグリッド降水量データを用いて、アジア地域ならびにインドシナ半島を対象として降水量の長期トレンドの検討を行った。その結果、長期トレンドの空間分布と長期トレンドの大きさが各グリッド降水量データセットによって異なることが示された。特にインドシナ半島に関しては、長期トレンドの空間分布がデータセット間で著しい違いが認められ(図1)、その違いがそれぞれのグリッド降水量データセット作成時に使用された降水観測地点数の違いに依存している可能性が示唆された。そこで、本サブテーマの課題として東南アジア諸国の水文気象機関より収集した降水量データを使用し、東アジア・東南アジア諸国における降水の長期トレンド並びに経年変動をよりよく表現できるグリッド降水量を新たに作成した。

平成20年度に作成した東アジア・東南アジア諸国のグリッド降水量データの作成対象期間は、1951年～2000年の50年間、対象領域は東経70度から東経150度、南緯10度から北緯55度である。空間解像度は緯度・経度1度、時間分解能は1ヶ月である。使用した降水量データのうち、日本・韓国・中国・台湾・モンゴル・ベトナム・ラオス・カンボジア・タイ・ミャンマー・バングラディッシュについては、各国水文気象機関から収集した日雨量データから月雨量を編集し、簡便な品質管理を適用した。旧ソ連領域については米国National Climatic Data Center (NCDC)より収集したデータ、インド・ネパール・パキスタン・アフガニスタン・スリランカ・マレーシア・フィリピン・インドネシア・シンガポール・ブルネイ・パプアニューギニアは、米国NCDC編集のGlobal Historical Climate Network version 2 (GHCN)を使用した。北朝鮮については、国連食糧機関

FAO編集のデータや米国NOAA Climate Prediction Center (CPC) 編集のデータを使用した。GHCN・FAO・CPCから収集したデータには品質管理を特に適用せずに使用した。地点降水量データを空間内挿する手法はWillmottのSpheremap(Shepardの提案による一種の重みつき平均法)を使用した。

図2にグリッド降水量データ作成に使用した降水量観測地点数の経年変化を示す。東アジア(日本・中国・韓国・モンゴル)については、1950年代後半以降2000年までの間、降水量観測網がほぼ同一である。一方、インドシナ半島では1960年代前半に約150地点であった観測網が、1990年代後半には約350地点にまで拡大した。中国ならびにインドシナ半島における観測網は、GPCCやCRUのグリッド降水量データよりも稠密なものとなっており、この点がグリッド降水量データの特徴である。

図3に年降水量の気候値を2つのデータセットについて示す。本データセットは空間解像度を緯度経度1度に直接内挿しているのに対し、GPCCでは緯度経度0.25度格子に内挿したものを空間平均して緯度経度1度格子に編集しているために単純な比較はできないが、中国からインドシナ半島では両データセット間で大きな違いは認められない。一方で使用した観測地点数が大きく異なる旧ソ連、ネパール、アッサム地方付近では両者の降水分布がかなり異なっており、注意が必要である。

(2) アジアモンスーン域における降水特性の長期トレンド

広域的季節降水量について、CRUのデータを使って1901-98年における長期変化トレンドの分布を調べた結果、春季(3-5月)から夏季(6-8月)にチベット高原東部とバングラデシュで統計的に有意(95%)な増加傾向がみられ、アラビア半島からチベット高原の西側で広域にわたって夏季に顕著な減少域がみられた。春季(3-5月)には長江上流域、カスピ海南部の東西沿岸部、インド半島南西沿岸部、カムチャッカ半島、モンゴルの一部などで減少傾向がみられる(図4左)。日本では北海道の一部で有意な減少域が現れた。一方、チベット高原東部、バングラデシュ、アラビア半島西部の紅海沿岸で増加しているが、全域的な傾向としてみると、減少傾向のほうが強い。有意ではないが、インドシナ半島南部からインドネシアにかけては広い範囲で減少傾向がみられた。夏季(6-8月)になると、チベット高原上で西部に及ぶ広い増加域が広がり、他方アラビア半島北部からイランにかけて顕著な減少傾向が強まった(図4右)。バングラデシュは範囲が縮小するが有意な増加傾向には変わらず、一方中国の長江流域では春季の減少傾向から増加傾向に転じる。ほかに、山東半島、中国東北部の一部、インドシナ半島内陸部の一部で顕著な減少傾向がみられた。

上記グローバルデータセットにおいては、インドにおいて春と夏に地域的にも特徴のある長期変化傾向が見出された。そこで、インドについては、より詳細な解析を行った。年降水量の長期トレンド(図5)では、西ベンガルを中心に、有意水準95%で有意な増加傾向が見られた。一方で有意な減少傾向はインド中部のベンガル湾寄りおよび南西沿岸部で見られた。季節別では西部のアラビア海沿岸地域で冬季から春季に、南西沿岸部で春季から夏季に有意な減少傾向、東部のガンジス川流域で春季に増加傾向が示された。

次に、気候学的な降水の季節進行の違い(各グリッドの半旬降水量の平均値)に基づく地域分類を行った。クラスター別に地域平均した降水の季節推移を見ると(図6)、多くの地域で夏季に大きく降水が増加する季節進行を示しているが、Cluster2, 3や7といった地域ではピークが夏よりも秋冬にずれており、顕著な地域性が示された。

分類した地域区分によって、顕著なトレンドの見られた春季降水量について、Mann-Kendall

rank testによるトレンド検定を行ったところ（図7）、Cluster1-1（南西沿岸部）は春夏ともに有意な減少トレンドが検出されたが、Cluster1-2（ガンジス川流域）および5（中西部）では春のみに有意な増加トレンドが見られた。

春季、夏季ともに顕著な減少トレンドの現れた南西沿岸部（Cluster1-1）について、850hPaの東西および南北風成分との関係を調べたところ、モンスーンのLow-level jetstream（LLJ）との関係が強く見られ、近年におけるLLJの弱化トレンドがインド半島南西沿岸部での春季および夏季降水量の減少トレンドに寄与していることが示唆された（図8・図9）。また、春季のみに有意な増加トレンドの見られたガンジス川流域（Cluster1-2）について、OLRから求めた30-60日周期変動成分との関係を調べたところ、インド洋上で季節内変動が活発になるパターン（EOF1）およびベンガル湾付近で活発になるパターン（EOF6）との相関が高くなっていた（図10・図11）。したがって、30-60日周期の季節内変動がガンジス川流域の降水量の増加トレンドに影響している可能性が示唆された。

（3）フィリピンにおける降水と台風上陸数の変化

20世紀前半では、年降水量、季節降水量共に有意な増加傾向を示す地点が目立つ一方、20世紀後半では有意な傾向を示す地点はほとんどみられなかった。たとえば20世紀前半と後半における夏季（4-9月）降水量の長期変化傾向をみると、20世紀前半には各地点で有意な増加傾向がみられる（図12左）。20世紀後半には全域に夏季降水量の減少傾向がみられるが、有意な減少傾向を示すのはマニラを含むフィリピン南部の2地点のみである（図12右）。

年降水日数、季節降水日数共に1904-1939年ではルソン島南部以南（北緯13度以南）の地点で、有意な増加傾向を示す（図略）。一方で、1961-2002年ではルソン島中部を中心に有意な減少傾向を示す。この傾向は夏季（4-9月）に顕著にみられる（図13）。20世紀前半と後半のどちらかの期間で有意な増加もしくは減少傾向を示した3地点の夏季降水日数の時系列を図14に示す。フィリピン北部のAparriとルソン島西岸のManilaでは夏季降水日数平均値が20世紀後半に小さく、Aparriでは1980年代後半に降水日数が更に少なくなっているようにみえる。

1961-2000年の半旬降水量にEOF解析を行ったところ、南シナ海及び西部北太平洋夏季モンスーン開始と密接に関連する雨季の降水量変動を示すモードがEOF1（寄与率 32.8%）として得られた（図15左）。このモードは全体的に同符号となっており、40年平均スコアをみると27-28半旬（5月中旬）あたりで符号が急激に逆転する（図15右）。これは夏季モンスーン開始に伴ってフィリピン全体の降水量が増加することを意味し、この傾向が特に西岸域で顕著であることを表している。よって、このEOF1スコアの符号逆転の時期から1999年を除く各年の夏季の雨季入り半旬を定義した（図16a）。1999年はスコアの正・負の変動が乾季（1-3月）に激しく、正のスコアの持続もみられるため雨季入り時期を判断出来なかった。同様に雨季明け半旬も定義し、雨季入り半旬との差から雨季の持続期間を算出した（図16b）。これらの結果から、雨季入り時期の39年平均は約29半旬（5月の中旬あたり）であることがわかり、1980年代後半以降は雨季入りの遅れが目立ち、年々変動が大きくなった。

これらの結果、20世紀前半では降水日数、年降水量、季節降水量共に増加傾向を示す地点が多くみられることがわかった。また特に降水日数の長期変化傾向については20世紀の前半と後半で、有意な傾向を示す地点及びその傾向が異なることが明らかとなった。1980年代後半以降は雨季入

りの遅れが目立ち、年々変動が大きくなっていることもわかった。これらの特徴は4-9月の降水日数と季節降水量に顕著に表れていたため、20世紀における夏季の気候とその変化を更に詳しく調査し、これが大気循環場の変化や20世紀後半のエルニーニョ現象の頻発、地球温暖化や土地利用変化などの人間活動等と関連するのか、今後、明らかにする必要がある。

台風については、1945年以前は台風と温帯低気圧が区別されていなかったため、1945年以降のJTWCの月ごとの台風経路と比較することで、台風のみを抽出した。また、地点気圧データを用いて台風が近傍を通過した際、観測した気圧変化頻度をもとに、電子化した台風の数が必要な信頼性を有しているかどうかを検討した。フィリピンの気圧データを用いた検証範囲を図17に示し、1909年以降の台風数は、十分な品質を有していることがわかった。フィリピン気象月報とJTWCの台風定義が、1000hPa未満の海面気圧と最大風速17.2m/s以上と異なる。両者の定義の違いを1951年～1978年にフィリピンに上陸した台風について検証すると、約14%の精度差であり、両者は比較可能であることがわかった。

フィリピンの西の南シナ海と北の台湾周辺の5度×5度（図17の太線部）を通過した年間台風数を1909年～2007年について図18に示す。南シナ海では1920年代、50年代、80年代に台風数の少ない時期が見られ、30年程度の周期で変動している。1990年以降は減少している。一方で、台湾周辺では、1960年代に台風数が増えるものの、南シナ海のような30年程度の周期変動は見られなかった。1990年以降は南シナ海とは対照的に増加していた。1990年代以降台風経路が北へシフトする傾向が見られ、南シナ海を通る数が減少し、台湾周辺を通る数が増加していることが過去の研究で指摘されている。1990年代以降に見られる台風変動の特徴は過去100年間の台風データでは他の時期には現れていないことがわかった。今後は台風経路の品質検査を西部北太平洋域に広げることで、より広範囲の台風の長期変動を調べる事が可能となる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

東南アジア域やバングラデシュにおいては、広く使われているグローバルデータセットの品質に問題があることが判明し、本研究で独自のデータを作成する意義が明らかになった。インドにおける春と夏の降水量変化傾向をもたらした大気循環場の変化を解明することができた。フィリピンにおいては、100年スケールでの詳細な降水量変化や台風襲来数・経路の変化を解明することができ、前世紀前半と後半における降水量の変化傾向の違いや、近年における雨季入りの遅れ、といった顕著な変化がみられた。台風の上陸数には数十年スケールでの変動がいずれの時期にも卓越していた一方、長期にわたった変化傾向は見出せなかった。台風経路にも数十年スケールでの変化が認められた。ただしこれらの変化を引き起こした原因の解明については、今後の課題として残された。

(2) 地球環境政策への貢献

降水や台風経路の変化原因の解明を行い、モデルでの結果と比較することによって、人間活動の影響を評価していくための基礎的な資料・知見を提示した。今後は学会発表や講演会での発表などを通じて成果の広報・普及に努めていく。

6. 引用文献

- 1) Endo, N., B. Ailikun, and T. Yasunari, (2005), Trends in precipitation amounts and the number of rainy days and heavy rainfall events during summer in China from 1961 to 2000. J. Meteor. Soc. Japan, 83, 621-631.
- 2) Rajeevan, M. J., Bhate, J.D. Kale and B. Lal, (2005), A high resolution daily gridded rainfall for the Indian region: analysis of break and active monsoon spells, 2006, Curr. Sci., 91, 296-306.

7. 国際共同研究等の状況

国際共同研究計画としては、世界気候研究計画(WCRP)全球エネルギー・水循環観測計画全球(GEWEX)モンスーンアジア水文気候研究計画(MAHASRI)および、地球システム科学パートナーシップ(ESSP)モンスーンアジア総合地域研究(MAIRS)と連携した研究としてアジアモンスーン各国からのデータ提供を受け、共同研究を実施した。具体的なカウンターパートとしては、下記の人たちがあげられる。

Prof. Congbin Fu、中国科学院大気物理学研究所、中国、Prof. Jianping Li、中国科学院大気物理学研究所、中国、Prof. Guoxiong Wu、中国科学院大気物理学研究所、中国

Prof. Bin Wang、ハワイ大学気象学教室、アメリカ合衆国、Prof. Johnny C. L. Chang、香港城市大学、中国、Dr. Chi-Yung Francis Tam、APEC気候センター、韓国、Dr. Nguyen Thi Tan Thanh、ベトナム水文気象局、ベトナム、Dr. Trung Duc Tri、ベトナム水文気象学研究所、ベトナム、Dr. Somchai Baimoung、タイ気象局、タイ、Dr. Khanmany Kounphong、ラオス水文気象局、ラオス、Mr. Tun Lwin、ミャンマー水文気象局、ミャンマー、Dr. Prisco Nilo、フィリピン宇宙気象局、フィリピン、Dr. Fadli Syamsudin、インドネシア科学技術庁、インドネシア、Dr. Yap Sen Kok、マレーシア気象局、マレーシア

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 遠藤伸彦・松本淳・山本奈美・福島あずさ・赤坂郁美, 2007: 世界における降水量と降水特性の長期変化, 地学雑誌, 116, 6, 824-835

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 松本 淳, 2009: アジアモンスーン気候の解明にむけて-国際共同研究MAHASRI-, Geoscience Letters, 5-1, 14-16

(2) 口頭発表(学会)

- 1) Matsumoto, J., 2006: MAHASRI - the new international program on Asian monsoon research, The 3rd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, 2006, Bangkok, Thailand
- 2) Matsumoto, J., 2006: MAHASRI - a new international program on Asian monsoon research,

Earth System Science Partnership (ESSP), Global Environmental Change Open Science Conference, 2006, Beijing, China

- 3) Akasaka, I., W. Morishima, and T. Mikami, 2007: Interannual variation on seasonal march of rainfall in the Philippines, The 4th Asia Oceania Geoscience Society-Annual Meeting 4th, 2007, Bangkok, Thailand
- 4) 赤坂郁美, 森島 済, 三上岳彦, 2007: フィリピンにおける雨季入りに関連した循環場の特徴とその年々変動, 日本地理学会2007年秋季学術大会、2007年
- 5) 赤坂郁美, 森島 済, 三上岳彦, 2008: フィリピンにおける夏季雨季入りに関連した循環場及び海面水温分布の特徴, 日本地理学会2008年春季学術大会、2008年
- 6) 遠藤伸彦, Ohnmar Htway, 井上知栄, 松本淳, Tun Lwin, 2007: 東南アジアにおける降水特性の長期変化, 日本気象学会2007年度春季大会
- 7) Endo, N., Ohnmar Htway, T. Inoue, J. Matsumoto, Tun Lwin, 2007: Interannual variations in precipitation characteristics in Southeast Asia, The 21st Pacific Science Congress, 2007, Okinawa, Japan
- 8) Endo, N., Ohnmar Htway, J. Matsumoto, 2008: Interannual variations in precipitation characteristics in Southeast Asia, International Seminar on Climate Variability, Change and Extreme Weather Events, 2008, Bangi, Malaysia
- 9) Fukushima, A., and H. Takahashi, 2007: The influence of circulation change from pre-monsoon to monsoon season upon the rainfall phenomena in Nepal, The 4th Asia Oceania Geoscience Society-Annual Meeting 4th, 2007, Bangkok, Thailand
- 10) 久保田尚之, 2007: フィリピンにおける過去100年間の台風活動について, 2007年度 MAHASRI国内研究集会
- 11) Matsumoto, J., 2007: MAHASRI and AMY' 08, International Workshop on Semi-arid Land Surface- Atmosphere Interaction, 2007, Lanzhou, China
- 12) Matsumoto, J., N. Endo, B. Ailikun, T. Yasunari, Ohnmar Htway, T. Inoue, Tun Lwin and T. Kadota: Changes of precipitation characteristics in East and Southeast Asia from 1961 to 2000, International Workshop on Semi-arid Land Surface- Atmosphere Interaction, 2007, Lanzhou, China
- 13) Akasaka, I., W. Morishima and T. Mikami, 2008: Characteristics of atmospheric circulation and SST patterns associated with onset of summer rainy season in the Philippines, Philippine Meteorological Society 4th National Hydrological Convention, 2008, Quezon City, Philippines
- 14) Masuda. K, Ichino. M, Kubota. H, Akasaka. I, Zaiki. M and Matsumoto. J, 2008: Recovering meteorological data of pre-World War II Philippines, Philippine Meteorological Society 4th National Hydrological Convention, 2008, Quezon City, Philippines
- 15) Masuda. K and Akasaka. I, 2008: Combination of observational data and model product data for better coping with climate change. Philippine Meteorological Society 4th National Hydrological Convention, 2008, Quezon City, Philippines, 2008

- 16) 赤坂郁美, 森島 濟, 三上岳彦, 2008: フィリピンにおける夏季雨季入りのタイミングと下層循環場及び海面水温分布との関連, 日本気象学会 2008 年春季学術大会, 2008 年
- 17) 赤坂郁美, 松本 淳, 2008: 20世紀のフィリピンにおける降水特性の長期変化傾向, 日本気象学会2008年秋季学術大会, 2008年
- 18) 赤坂郁美, 増田耕一, 森島 濟, 松本 淳, 2009: 20世紀以降のフィリピンにおける降水量の季節進行, 日本気象学会2009年春季学術大会, 2009年
- 19) Fukushima, A., H. Takahashi, and J. Matsumoto, 2008: The transition of the circulation during the pre-monsoon season related to the rainfall phenomena in Nepal, 2008, The 31st International Geographical Congress, Tunis, Tunisia
- 20) 福島あずさ, 高橋日出男, 松本 淳, 2008: ネパールにおけるプレモンスーン季の降水プロセスと循環場の季節進行, 日本気象学会2008年度秋季大会, 2008年
- 19) Kubota, H., 2008: 100 years typhoon activities over Philippines based on the recovery of historical typhoon track data , The 3rd EAMEX/ MAHASRI international workshop, 2008, Chung-Li, Taiwan
- 20) Kubota, H., 2008: 100 year typhoon activities over the Philippines based on the recovery of historical typhoon track data, The 4th National Meteorological Hydrological Convention, Philippine Meteorological Society, 2008, Quezon city, Philippines
- 21) 久保田尚之, J. C. L.Chan, 2008: フィリピンにおける過去100年間の台風活動, 日本気象学会2008年秋季学術大会, 2008年
- 22) Kubota, H., 2009: 100 years typhoon activities over the Philippines based on the recovery of historical typhoon track data, International MAHASRI/ HyARC workshop on Asian monsoon, 2009, Da Nang, Vietnam
- 23) Wang, B., J. Matsumoto, G.X. Wu, T. Yasunari, and J.P. Li, 2008: Science issues in Asian Monsoon Years (2007-2012), The 5th Asian Oceania Geosciences Society Annual Meeting, 2008, Busan, Korea
- 24) Matsumoto, J., H. Kanamori, and S. Yokoi, 2008: Heavy rainfalls in central Vietnam. Extended Abstracts of the Third International Symposium for the East Asian Monsoon Experiment and MAHASRI , The 3rd EAMEX/ MAHASRI international workshop, 2008, Chung-Li, Taiwan
- 25) Matsumoto, J., M. Zaiki, J. Hirano, M. Ohtsuka and T. Mikami, 2008: Climatic Changes in monsoon Asia based on historical documents and old observation data, The Third Korea-China-Japan Joint Conference on Geography, 2008, Cheongju, Korea
- 26) 松本 淳, 里村雄彦, 樋口篤志, 鼎信次郎, 横井 覚, 伍 培明, 山中大学, 増田耕一, 金森大成, 2008: MAHASRIとAMY, 日本気象学会2008年秋季学術大会, 2008年
- 27) Matsumoto, J., 2009: MAHASRI, AMY 2007-2012, MAIRS, and impact of land-use changes on Indian summer monsoon, The First SELIS International Workshop Eco-Climate Dynamics in Eurasia/Monsoon Asia, 2009, Nagoya University, Japan
- 28) Matsumoto, J., 2009: Current status of MAHASRI and AMY , International MAHASRI/ HyARC workshop on Asian monsoon, 2009, Da Nang, Vietnam

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催

なし

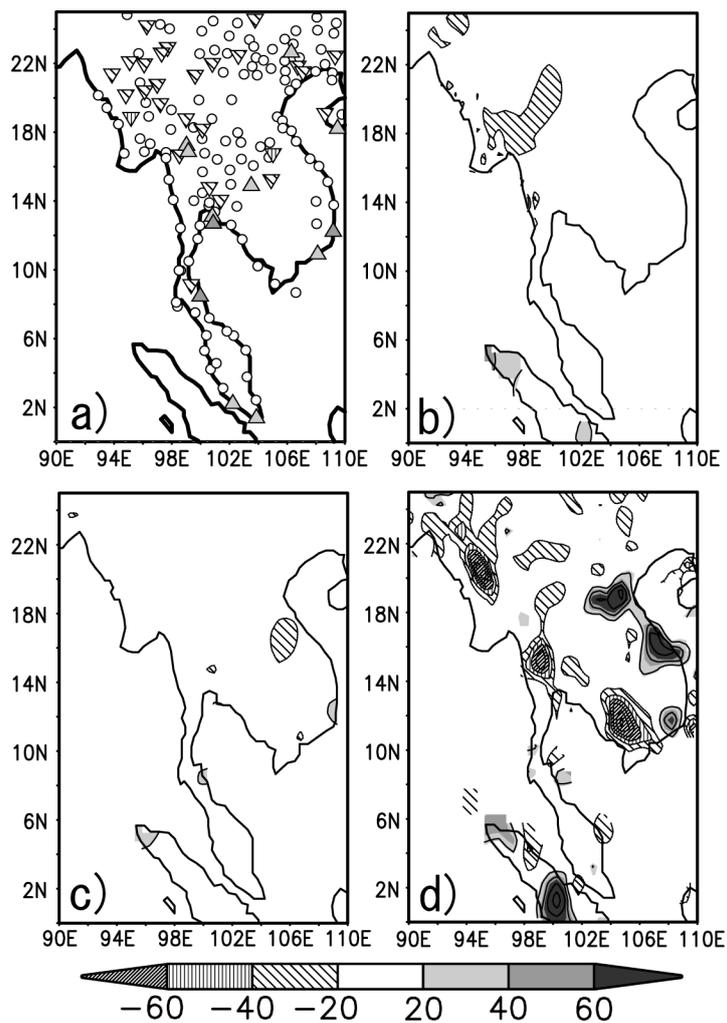


図1 6月から8月の総降水量のトレンド。

a) 地点降水量、b) CRU TS2.1データ、c) GPCP VASCLIM0データ、d) GPCP Full productsデータ。
 統計期間は1961年～2000年。トレンドを40年間の気候値で規格化し図化。単位は%。なお地点降水量のa)において、上向き三角は増加傾向、下向き三角は減少傾向、丸印は変化傾向の絶対値が20%以下を示す。

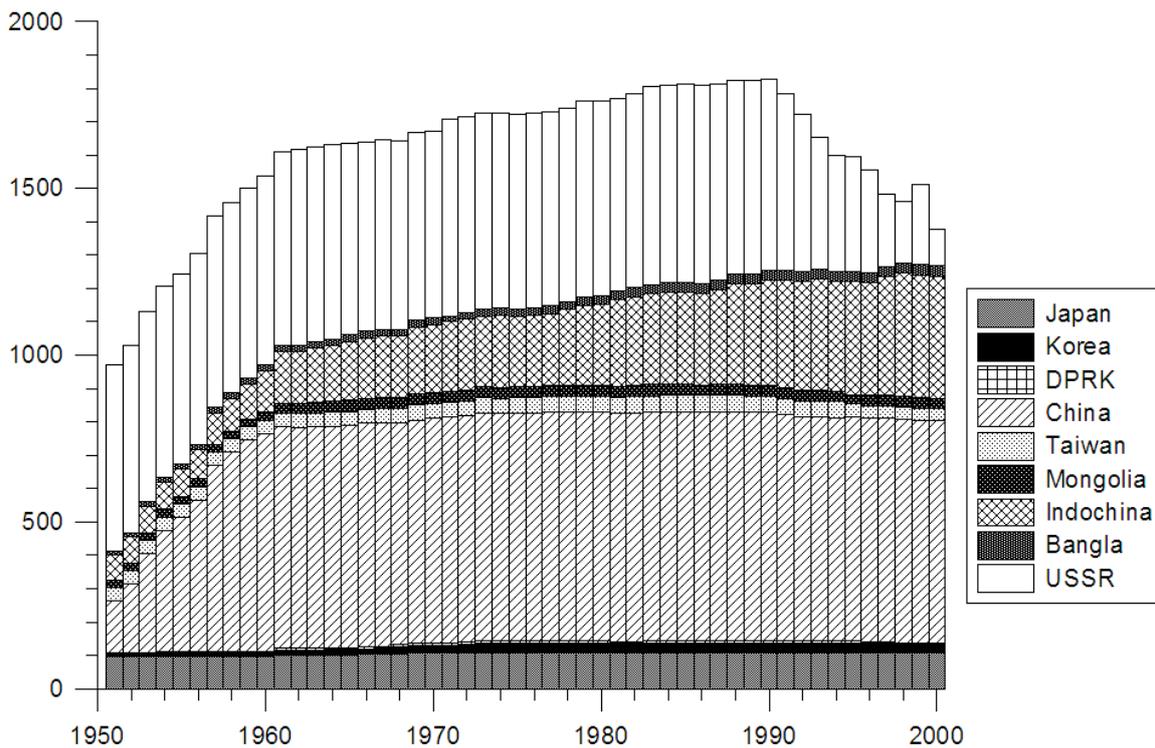


図2 東アジアならびに東南アジア（除く島嶼諸国）における月降水量観測地点数の経年変化。

横軸は年単位、縦軸は地点数。

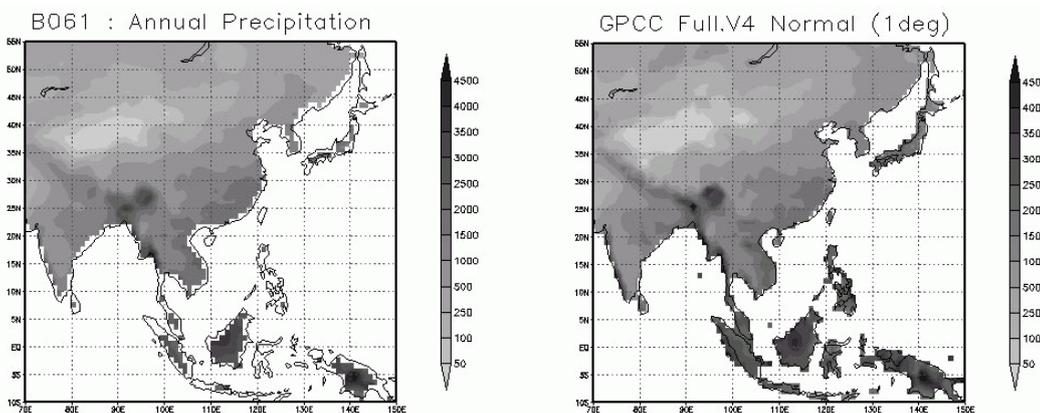


図3 東アジア・東南アジアにおける年降水量の気候値（単位はmm）。

左は本研究で作成した緯度経度1度解像度のグリッド降水量データ。右はGPCCの再解析値 Version 4（空間解像度は緯度経度1度）。

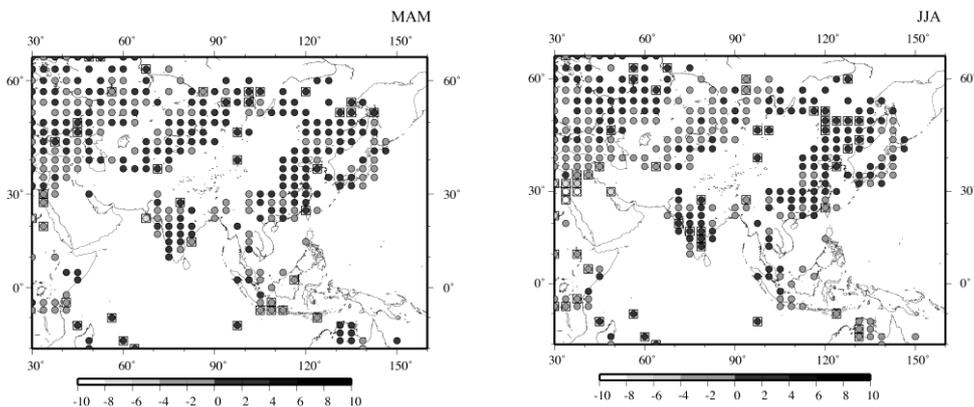


図4 Mann-Kendall rank statisticによる98年間の降水量長期トレンド（CRUデータ）
 左図は春季（3-5月）、右図は夏季（6-8月）の分布図。
 □で囲まれたグリッドは、有意水準5%で統計的に有意。

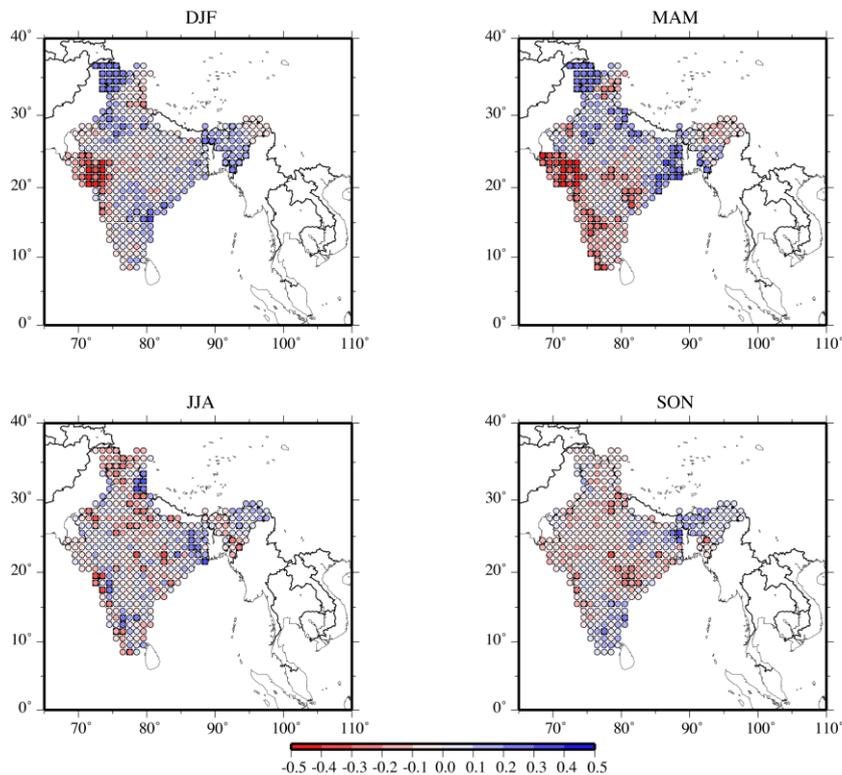


図5 インドにおける季節降水量の1951-2003年における長期変化傾向。
 □グリッドは有意水準5%で統計的に有意。

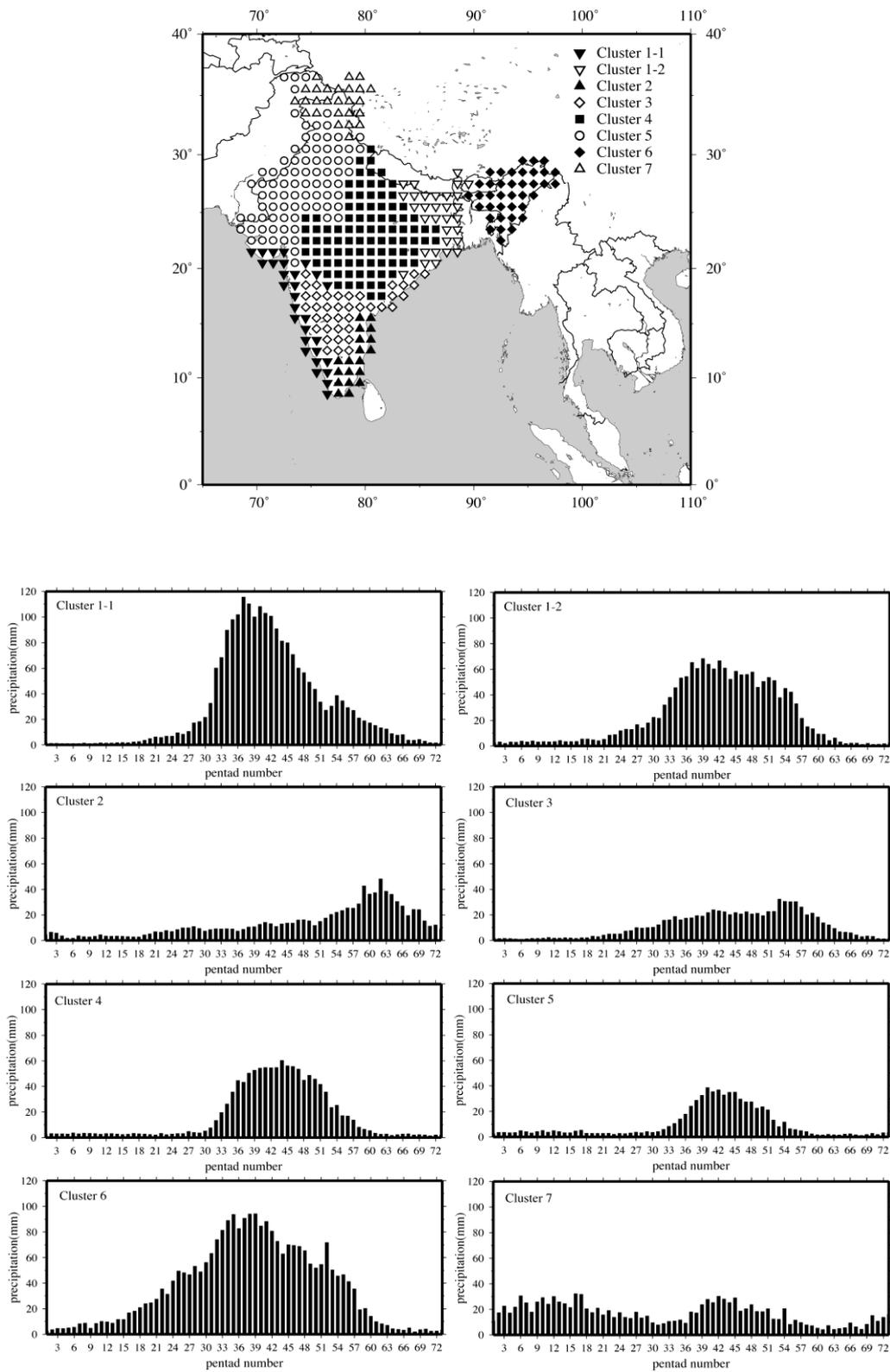


図6 インドにおける降水量の季節推移パターンによって分類された地域（上）と各地域の平均半旬降水量の年変化（下）。

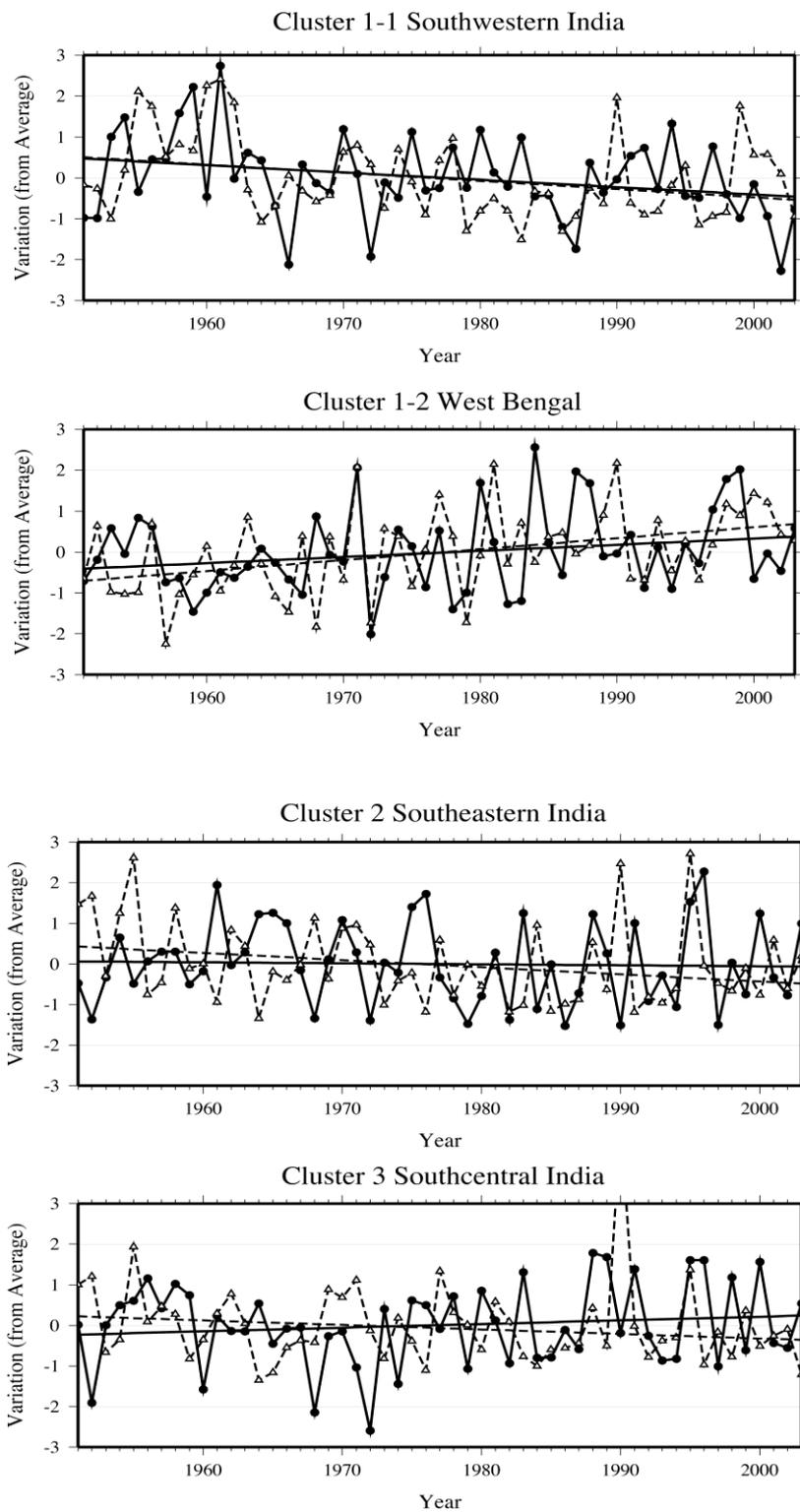


図7 インドにおける図6に示した各地域における季節降水量の長期変化傾向(波線:春季, 実線:夏季)。

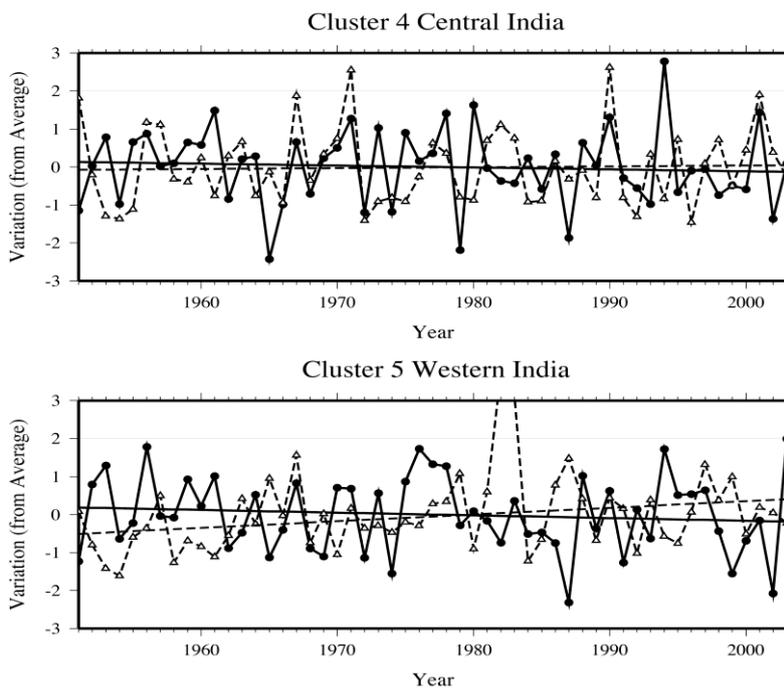


図7 (つづき)

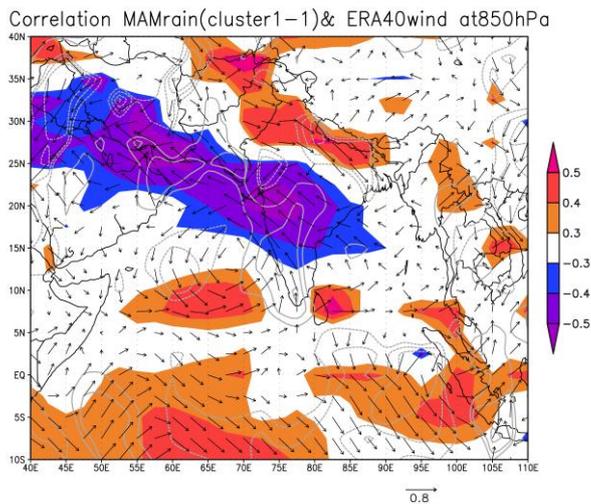


図8 インド南西沿岸部 (Cluster1-1) の降水量長期変動と850 h Pa等圧面における風ベクトル (東西成分) との関係。
ハッチは有意水準95%以上で有意な領域。

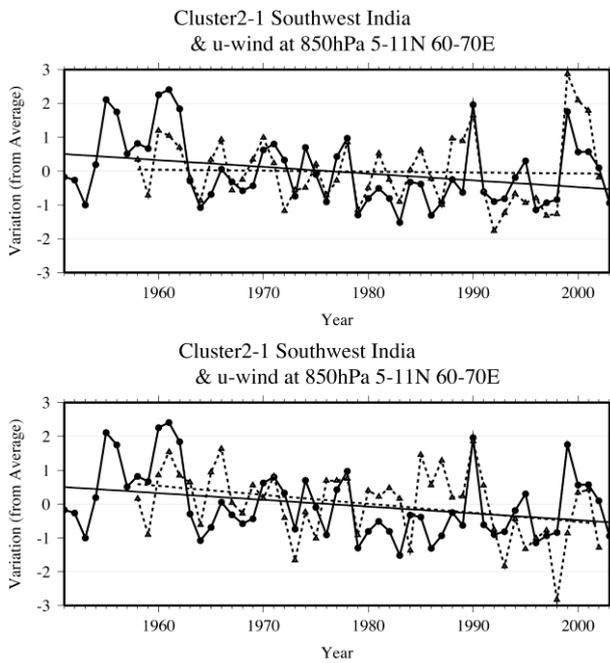


図9 インド南西沿岸部 (Cluster1-1) における降水量の長期変動と5-11° N, 60-70° E における850 h Pa等圧面の東西風成分の長期変動

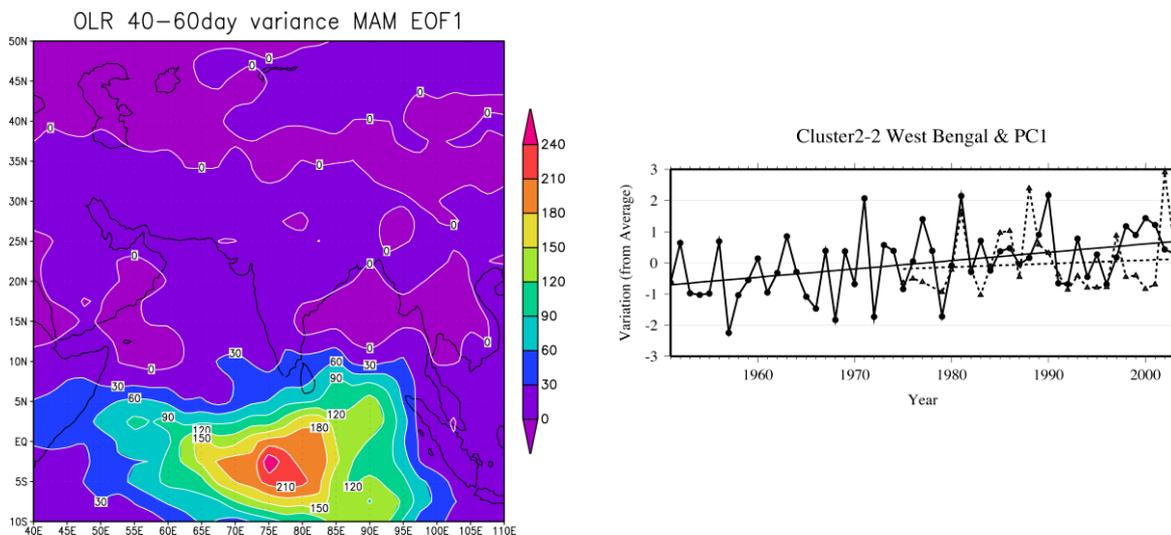


図10 ガンジス川流域 (Cluster1-2) の降水量長期変動とOLRから求めた40-60日周期の季節内変動成分との関係
 (左：40-60日周期の季節内変動のEOF解析によって得られたEOF1の分布図，
 右：ガンジス川流域の降水量長期変動とEOF1のスコアの時系列)

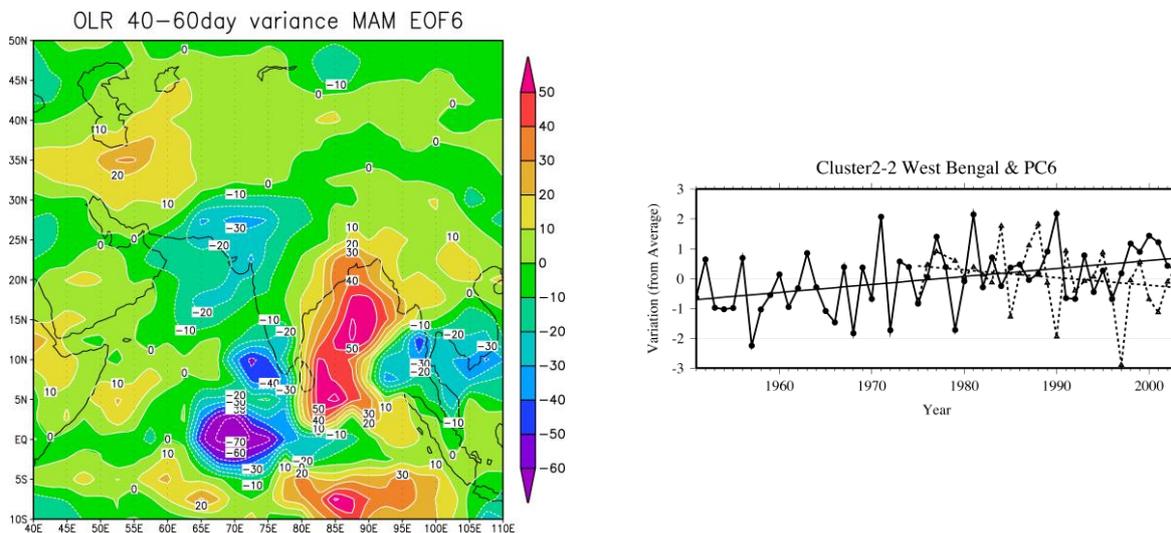


図11 図10と同じ、ただし、EOF6の場合。

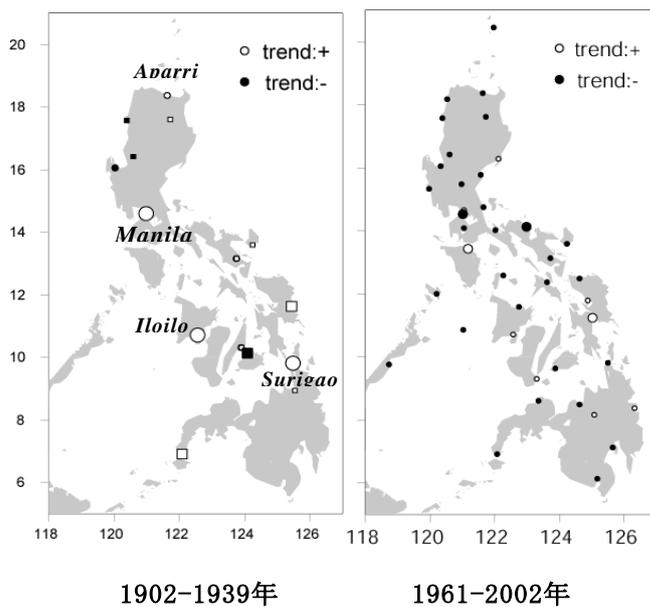


図12 フィリピンにおける4-9月降水量の長期変化傾向。
より大きな丸(四角)は95%有意水準で有意な傾向を示す地点。四角は、欠測値を減らすために、1907-1939年で長期変化傾向を調査した地点を意味する。

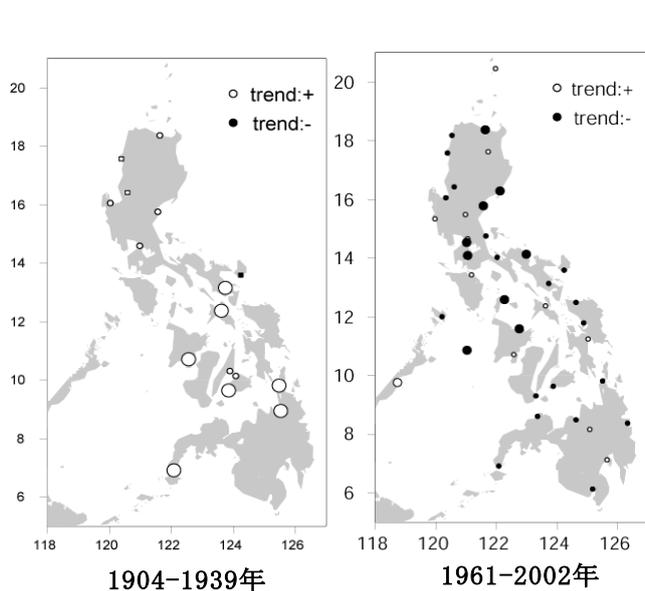


図13 4-9月の降水日数の長期変化傾向。
大きな丸は95%有意水準で有意な傾向を示す地点

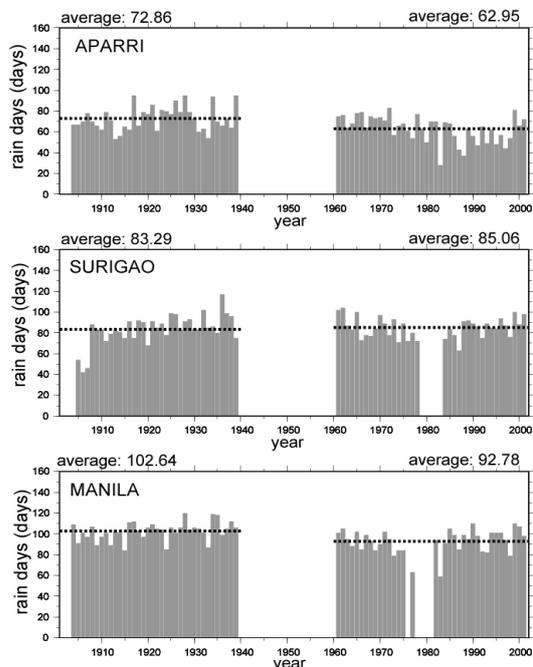


図14 4-9月の降水日数(上 : Aparri、中 : Surigao、下 : Manila)。
棒グラフが抜けている年は欠測。点線は各期間の平均降水量。

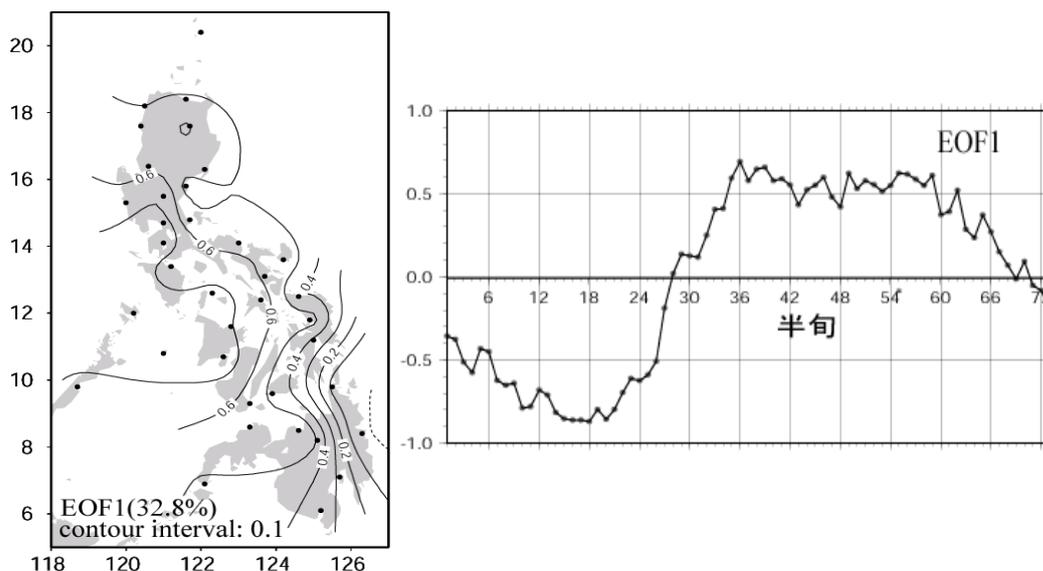


図15 1961-2000年の半旬降水量についてのEOF解析の結果
 EOF1の因子付加量分布(左)と40年平均の時係数(右)。因子付加量分布は実線が正、
 点線が負を示す。

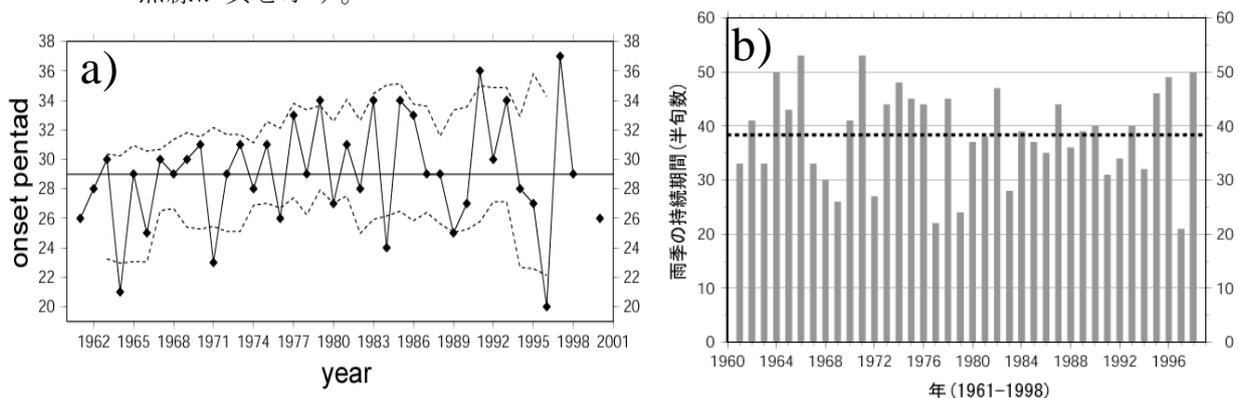


図16 1961-2000年における夏季の雨季入り半旬と雨季持続期間
 a) 1961-2000年(1999年を除く)の雨季の開始半旬。縦軸が開始半旬、横軸が年を示す。雨季
 入り半旬の39年平均は約29半旬である。点線は5年移動平均±標準偏差を加えた値を示す。
 b) 雨季の入り・明けどちらも決定することが出来た1961-1998年の持続期間。点線は雨季持
 続期間の38年平均(約39半旬)を示す。

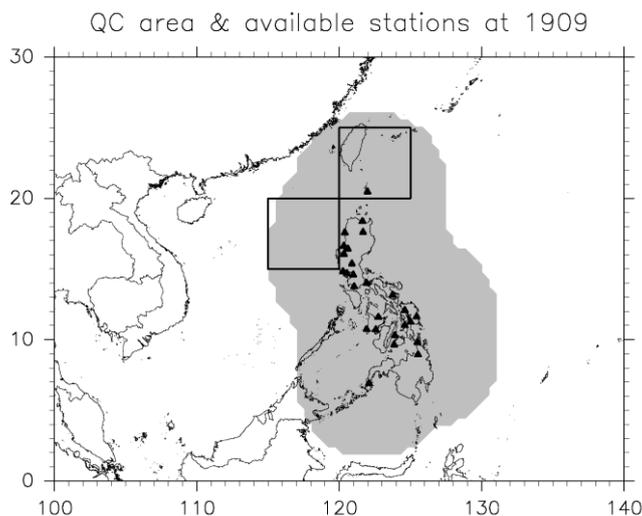


図17 フィリピンの地点気圧データをもとに台風経路の品質検査を実施した範囲を影で示す。1909年時点で気圧を観測した地点を三角で示す。台風経路の解析範囲の南シナ海 ($15^{\circ} - 20^{\circ} \text{ N}$, $115^{\circ} - 120^{\circ} \text{ E}$)、台湾周辺 ($20^{\circ} - 25^{\circ} \text{ N}$, $120^{\circ} - 125^{\circ} \text{ E}$) を実線で囲んだ。

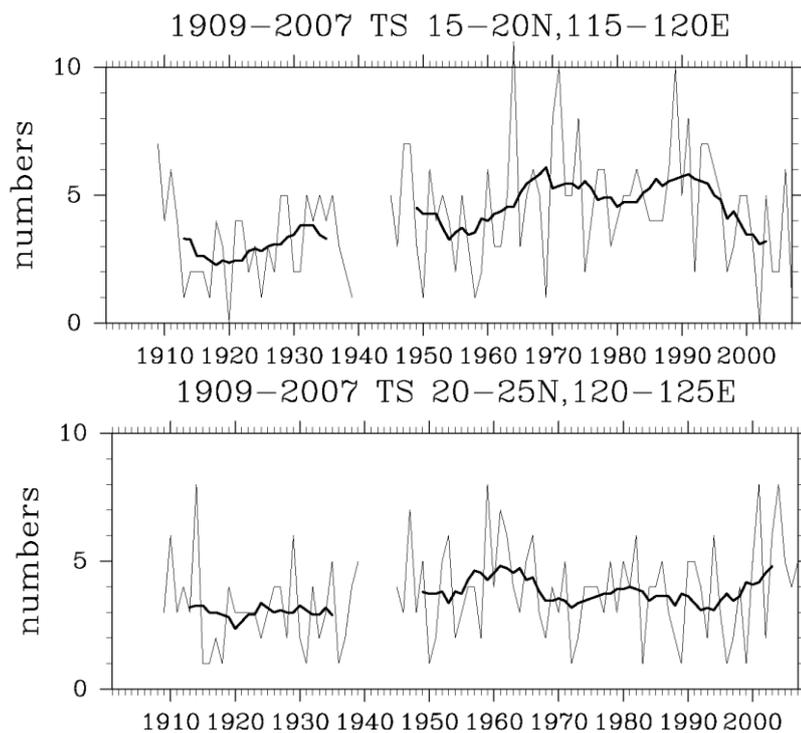


図18 図17で示した南シナ海 (上)、台湾周辺(下) ($5^{\circ} \times 5^{\circ}$) を通過した年間台風数(細線)。太線は10年移動平均。品質検査を満たした1909年以降を示す。1940年~1944年はデータがないため欠損。