

# グローバルスケールの気候システムの研究

## Studies on Global Climate System

川村 隆一\*

Ryuichi KAWAMURA

### I はじめに

科学技術の進歩、特にコンピューターの発達は、大気大循環モデルの実用化を可能にした。大気の運動を支配するプリミティブ方程式系を用いて、数100kmの格子間隔で各気象要素を予報することができる。日本に関して言えば、気象庁の現業の全球スペクトルモデル (GSM) はごく最近、空間解像度がスペクトルの波数106 (約110kmの格子間隔に相当する) までになっている。また、気象衛星・地球観測衛星の登場は、衛星に登載された様々な計測器を通して、宇宙からの地球環境を監視することが可能になってきている。実際、気温、高層風、雲量、海面水温、植生などの各種要素はある程度精度よくモニターできるようになった。さらに、地上観測データ、衛星観測データおよび大循環モデルを用いた4次元同化システムというデータ・アシミレーションの手法により、全球スケールの毎日の気象要素が研究に利用できるようになったことによって、気候システムの研究は著しく発展した。新しいデータ解析手法の開発もまたこの分野の研究に貢献していることを忘れてはならない。

本稿では、筑波大学地球科学系および水理実験センターで行われた気候システムに関する研究を中心に分野別に紹介し、この研究の将来展望、水理実験センターのactivityとしてどのように貢献できるかについて述べてみたい。2節では、気圏で閉じた、大気自身がもっている固有モードを扱った研究を主

に紹介する。3節では、中・高緯度域と熱帯域の大気-海洋相互作用について、4節では大陸上の雪氷面積と大気との相互作用を中心に紹介する。最後の5節で、気候システム研究に関する、今後の解決しなければならない研究課題、国際研究プロジェクトとの関連、そして水理実験センターの気候システム研究に対する将来的な貢献について論ずる。

### II 大気系の研究

#### 1) モンスーンの研究

モンスーンは海陸分布があつてはじめて存在する現象であることは言うまでもない。全球あるいは半球スケールの大気循環をモンスーン抜きにして論ずることはできないであろう。吉野 (1976, 1977) は乾燥・湿潤の異常性という観点から、モンスーンアジアの気候学的研究を精力的に行った。それは、アジア・オーストラリア地域の冬季・夏季モンスーンにおける150mb循環場の役割を研究したTanaka (1980) や、東アジアの冬季モンスーンと寒気の吹き出しの時空間構造を調べたYoshino et al. (1988), Yoshino and Kawamura (1989) らの研究に引き継がれた。一方では、スリランカの降水量変動に基づいて、インドモンスーンとの関連およびモンスーン循環の強弱のメカニズムまで考察したSuppiah (1988) の精力的な研究があげられる。

モンスーン循環は大気-海洋結合系および大気-雪氷系をつなぐ気候システムとして再認識されてきた (安成, 1989)。その新たな側面は、3節および4

\*科学技術庁防災科学技術研究所 気圏・水圏地球科学技術研究部

節でそれぞれ紹介されるだろう。

## 2) 大気自身の季節性・特異性

中・高緯度対流圏の循環場には様々な時間スケールの現象が含まれているが、季節変化のスケールに対していくつかの典型的な気圧パターンが存在する。Yoshino and Kai (1974), Yoshino and Yamakawa (1985) は日本を含めた東アジアの地上気圧配置型を主観的に分類し、それに基づいた季節区分を行った。山川 (1988) はそのデータをもとに、卓越気圧配置型の出現頻度からみた近年の気候変動を論じた。さらに、山川 (1989) は20世紀における寒冷期・温暖期・変動期という三つの気候レジームに分けて、気圧配置型の季節内変動および特異性の違いを調べた。以上の研究は、気圧配置型という気圧パターンの分類の視点から気候変動を論じた、新しい研究方法を確立した。

また、安成・山根 (1990) は季節サイクルに現れる系統的なずれ (経年変動成分) を気候変動のシグナルとして抽出する新しい考え方を提出した。実際には、過去80年間の日本を中心に月平均気温データに経験的直交関数 (EOF) 解析を適用した結果、第一固有モードは基本的に都市化現象に伴う気温上昇を説明しており、第二固有モードは ENSO (エルニーニョ/南方振動) 現象と関連した数年周期の経年変動であることが明らかになった。

1980年代前半は、半球規模のテレコネクション (遠隔伝播) の分類や、その理論的背景としての二次元ロスビー波の伝播理論などによって、中・高緯度大気の長周期変動の理解は飛躍的に進んだ。並行して、客観解析データあるいはモデルの output データに新しい解析手法 (CEOF, 回転 CEOF, SSA, POP など) が適用されてきた (川村, 1989b ほか)。これらの研究を背景として、川村・田 (1991) は気象学・気候学の古くからの問題である、天候の特異日 (シンギュラリティ) を維持あるいは崩す要因として、半球規模のテレコネクションとの関係解明に取り組んだ。その結果、たとえばユーラシアン (EU) パターンに15-25日周期程度の振幅変動があり、季節変化に対して位相が固定されているという新しい知見を得た。これは、テレコネクションの地域性・季節

性およびシンギュラリティの研究に対して、異なった観点からのアプローチの研究が重要であることを示唆した。

一方では、シノプティックスケールとグローバルスケールの現象を関連づけたものとして、Ueno (1991) の研究がある。彼は、北半球中高緯度の温帯低気圧を客観的に抽出し、低気圧の頻度や移動経路の climatology を作成し、特に低気圧経路とテレコネクションパターンとの関係を考察した。また、Yoshino et al. (1986) は日本とユーゴスラビアの局地風の卓越と北半球循環場との関係を議論した。さらに、Kurihara (1987) は局地風の「やませ」をオホーツク気団、ひいては半球スケールの循環場との関連性を指摘した。

## III 大気-海洋系の研究

### 1) 年々変動スケール

この時間スケールでの気候システムに最も影響を与える大気-海洋現象は ENSO 現象であることは言うまでもない。多変量解析の一手法である EOF 解析が気象要素のみならず海面水温 (SST) データにも適用されてから、大規模スケールの SST 偏差 (アノマリー) が大気変動とコヒーレントに変動していることがわかってきた。Kawamura (1984, 1986) は熱帯域を含む北太平洋 SST に EOF 解析を適用して、エルニーニョ現象の発達期と、完熟期・衰退期を各々説明していると考えられる二つの固有モードを抽出した。特に後者のモードは、テレコネクションパターンの一つである Western Pacific (WP) パターンを伴う大気循環場と密接に関連していることが明らかになった。さらに、西部太平洋の中・高緯度域の SST アノマリーが東アジアの冬季モンスーンの強弱に大きく左右されるという新しい知見が得られた (川村, 1988)。この結果は、「SST は下部境界条件であって、SST の変動によって大気にインパクトを与える」とは単純に言えないことを意味し、あらためて大気-海洋相互作用の重要性が示唆された。上述の研究と並行して、東北大の OMLET (海洋混合層実験観測) グループで類似の研究が精力的に行われ、データや解析手法、目的・

研究結果など異なる点多々あるが、同様に中・高緯度域の大気―海洋相互作用の再認識を主張している（花輪，1990）。

エルニーニョ現象発生メカニズムおよび予測可能性については、関連する研究も含めて数多くの研究があるが（新田ほか，1988；川村，1989a；安成ほか，1990の報告を参照），ENSO現象の全球構造を詳細に調べた研究は意外に少なかった。Yasunari（1987a，b）はENSOサイクルに伴うSST及び大気構造のグローバルな変化を解析し、積雪面積のアノマリーと関連したユーラシア大陸上の大気循環のアノマリーがENSOサイクルに重要な役割を担っており、ENSO現象を大陸（雪氷）―大気―海洋システムとして捉える必要性を指摘した。また、Yasunari（1985）は南方振動（SO）に関連した熱帯東西循環の変動の東進モードを調べ、SOモードと準2年周期振動（QBO）モードの構造を明らかにした。またSSTにもQBOモードが存在すること（Yoshino and Kawamura, 1987），そしてQBOの時間スケールにおける大気―海洋結合がKawamura（1988a）によって調べられた。さらに、Yasunari（1990）はインドモンスーンと、それに引き続く冬の西太平洋の混合層水温に、非常に有意な正相関を発見し、QBOモードを伴ったインドモンスーンの変動がエルニーニョ現象の発生に影響を与えていることを示唆した。この結果は、大気―海洋結合モデルの研究者に大きなインパクトを与えた。ここでQBOモードが基本的に熱帯大気のノーマルモードであり、その振幅変動としてENSOを捉えるのか、あるいはQBOモードとは独立したENSOモードが存在するのかという問題がある。最近、Tomita（1991）は後者の立場で、エルニーニョが一年型と二年越し型の二つのタイプに分類できることを示した。

一方、東アジアの台風襲来数、経路などとエルニーニョ海域を含む北太平洋の海面水温との統計的な関係を論じた研究（解ほか，1983；Aoki and Yoshino, 1984；西森・吉野，1990）や、黒潮流域の海面水温変動とエルニーニョとの相互関係、東シナ海における海面からの熱フラックスを定量的に評価した一連の研究（丁・吉野，1986；1988；1989）は、

東アジアの気候システムに影響を与える海面水温という視点で重要な研究成果を得た。

## 2) 季節内変動スケール

季節内変動スケールで代表される現象は30―60日変動である。Yasunari（1979）がインドモンスーンの雲量変動に顕著な30―60日変動があることを示してから、この研究は脚光を浴び、今日まで数値モデル、観測・解析の両面から多くのアプローチがなされた。波動CISK理論や蒸発―風フィードバック・メカニズムなどが提唱されたが、数値モデル内のSSTは固定されており厳密な意味でのair-sea interactionは考慮されなかった。基本的に熱帯大気自身の内部力学によって励起される大気現象とみなされていたからである。

一方、熱帯海洋のSSTなどに同じ時間スケールの変動が存在することがKawamura（1988b；1991a）らの研究によって認識されてきた。Kawamura（1991b）は西太平洋のSSTが $29.5^{\circ}\text{C}$ を超えている状態では、大規模スケールの対流活動が依然としてかなり高いのにもかかわらず、30―60日変動の急激な減衰がみられ、相対的に短周期変動が高いSSTの条件下で卓越することを指摘した。この結果は、30―60日変動がair-sea interactionによって調節されている可能性を示唆した。また、西太平洋熱帯域に注目して、年々変動スケールも含めた二つの時間スケールの大気―海洋結合の振舞いはKawamura（1990）によってまとめられている。

## IV 大気―雪氷系の研究

グローバルスケールの大気―雪氷系に関する研究の上で、雪氷の情報を与えてくれる地球観測衛星は必要不可欠なものの一つである。Morinaga and Yasunari（1987）は、NOAA/NESDISの積雪面積データを用いて北半球500mb高度場とのラグ相関解析を行った。その結果、12月の500mb高度偏差（EUパターン）と続く2月の中央アジアの積雪面積との高い相関関係が検出された。逆に、2月の積雪面積の変動が4月の大気循環場に影響を与えていることも示された。しかし、面積データのみで大気との相互作用を論ずるには自ずから限界がある。そこで、

Yasunari et al. (1991a), Morinaga and Igarashi (1991) は、Nimbus-7 のマイクロ波放射計 (SMMR) から推定された積雪深データを用いて、ユーラシア大陸における積雪量と積雪面積との関係を調査している。一方では、気象研究所の大気大循環モデルのシミュレーション結果から、ユーラシア大陸の積雪面積が春から夏の北半球スケールの気候に果たす役割が考察されている (Yasunari et al., 1991b)。これらの結果は、陸域の融雪水文過程などを今後理解していかなければならないことを示唆している。また、積雪量の精密測定のためには、観測衛星に搭載される新しい計測器の開発、アルゴリズムの開発も益々必要となってくるであろう。

日本の降雪分布と北半球規模の大気循環場との関係を研究したものに杉山 (1987) の研究があげられる。彼女は、日本の降雪分布の卓越パターンを EOF 解析により抽出し、日本海側全域に降雪が起こっている現象を説明している第 1 固有モードが EU パターンと密接に関連していることを明らかにした。冬季の日本付近の大気循環場が EU パターンのみで説明できるとは思えないが、EU パターンとの関連を指摘した点で特筆できる。

気候システムの構成要素である雪氷圏は海洋と同様に memory 作用をもっており、大気との複雑なフィードバックが存在する。それゆえ気候システムに果たす雪氷圏の役割は未だに未知の部分が多い。その意味でも観測・モデル両面からのやるべき研究は非常に多い。最近までのグローバルな大気-雪氷系の研究の一般的なレビューは中尾 (1990)、森永 (1991) を参照されたい。

## V 気候システム研究の将来展望

大気系、大気-海洋系および大気-雪氷系に分けてであるが、気候システムに関する研究の一端をみることができたと思う。特に気候システムの研究において、最近では、国際共同研究プロジェクトの重要性が増してきている。大気-海洋系の研究では、WCRP の研究課題の一つである TOGA (熱帯海洋全球大気変動研究計画) のなかで重要な位置を占める COARE (大気海洋結合応答実験) が、ENSO 現

象の全容を解明するために、西部熱帯太平洋で 1992/93 年に大規模な気象・海洋観測を行う。この観測データによって、新しい大気-海洋現象の発見、ENSO 発現予測の確立などが期待されている。

これまでみてきたように、大気圏を中心に水圏・雪氷圏を包含したものとして、気候システムを捉えてきた。しかし、この気候システム内においてはグローバルスケールの水循環は、ほぼブラックボックスに近い。水収支を構成する要素である降水量、蒸発散量、流出量、どれをとっても定量的に議論するほどの精度はもっていない。大陸上の水収支は当然として、のみならず海洋上においても水収支はほとんど未知の状態である。海洋での正味の蒸発量-降水量の差や河川からの表面流出量の評価も難しく、また真水がどのように輸送されるのかも理解が進んでいない。このような背景から、GEWEX (地球規模でのエネルギー・水循環に関する実験) 計画が 1995 年から推進されようとしている。GEWEX の目指す重要な目標の一つは、土壌水・蒸発散過程および地下水過程の理解を流域規模から地域規模へと広げ、地域水文モデルを構築し全球気候モデルへ組み込むことである。10×10km<sup>2</sup> の流域規模を考えた場合、気象庁の G S M の空間分解能に対して少なくとも 1 オーダーのずれが存在する。しかも、G S M は現状では週間予報用の全球予報モデルであって、いわゆる全球気候モデル (大気-海洋結合モデル) では空間分解能はさらに粗くなり、400-500km 程度になってしまう。また、蒸発散過程を考える上で植生のモデル化は避けられない。G S M では陸面水文過程に既に生物圏 (SiB) モデルを導入しているが、植生を 12 種類に分け、種類ごとに土壌や植生の物理過程を多くのパラメーターで与えねばならず、パラメーターの正当性には常に疑問が存在する。

水理実験センターの熱収支・水収支観測部門において、気候システムの研究を積極的に推進していくならば、GEWEX に大きな貢献ができると信じる。GEWEX では、雲と放射収支、地球規模の降水と河川の表面流出、海洋の水収支なども重要な課題であり、その一部は地球科学系でも研究されていくと思われるが、センターの研究能力を最も発揮できるの

は陸面水文過程の分野であろう。事実、本センター報告(15号)でレビューされているように、植物群落内外の微気象・乱流輸送、植被面からの蒸発散、土壌水分移動、地下水流動に関する研究が精力的に行われてきた。さらに、流域規模の蒸発散量の推定(Kotoda, 1986)やランドサットデータによる広域蒸発散量の算定アルゴリズムの開発(古藤田ほか, 1984)なども行われている。これらの研究成果を踏まえて、流域規模からより広域な陸面水文過程の解明へ向けて取り組んでいくに違いない。今後新しい地球観測衛星(ERS-1, ADEOS, TRMM, JPOPなど)が次々と打ち上げられる予定であるが、衛星データにより様々な物理量が推定可能となってくる。それらのデータを生かしていくためには、衛星画像解析の研究も拡充していく必要があると思われる。また、水理実験センターの熱収支・水収支観測を核とした、海外学術調査などを通して様々な陸面のグランドトゥルース・データを蓄積していくことも益々重要になってくるであろう。

ただ留意したいのは、地球温暖化の予測のために、素過程研究をすべてパラメタリゼーションによって、全球気候モデルに取り込もうという傾向(風潮)がある。しかし、それは一つの研究目的であって、その他の独立した研究を決して軽視するべきではない。大気境界層のパラメタリゼーションも一つの研究なら、大気境界層における新しい現象・理論の発見もまた重要な研究でなければならない。これを地球環境問題にたとえれば、グローバルな環境汚染を騒いでも、身近な局地スケールの環境汚染を改善できなければ本当の解決にはならない。自戒の意味を込めてであるが、気候システムの研究はマイクロスケールからグローバルスケールに至る研究が基礎になっていることを忘れてはならない。

拙稿を閉じるにあたり、筑波大学地球科学系および水理実験センターで行われた気候システムに関する研究活動を主観的な判断で紹介してきたが、著者の未熟さから、見落としたあるいは省略してしまった研究が多々あったと思われる。それについては御容赦願いたい。また基本的に、筑波大学以外で行われた、関連する多くの貴重な研究は、本稿の趣意と

ははずれるので残念ながら引用していない。しかしながら、以下の引用文献からその分野の研究の先端を知ることができると信じる。

本稿が筑波大学水理実験センターの今後の研究方向、研究活動の参考になれば幸いである。

## 謝 辞

本稿をまとめる機会を与えて下さった筑波大学水理実験センターの現センター長である榎根 勇先生、ならびに熱収支・水収支観測部門の嶋田 純先生に感謝致します。また、著者が当センター在任時に気候システムの研究を続けることができたのも前センター長の河村 武先生をはじめとするセンターのスタッフのおかげです。さらに、筑波大学地球科学系の吉野正敏先生、安成哲三先生には大学院在学時から終始、研究の御指導・御助言をいただきました。ここに記して感謝致します。

## 文 献

- 解 思梅・青木 孝・吉野正敏(1983): 東アジアの台風襲来数と北太平洋の海面水温との関係。天気, **30**, 495-502.
- 川村隆一(1988): 東アジアの冬季モンスーン活動と西部太平洋の海面水温との相互作用。地理学評論, **61**, 469-484.
- 川村隆一(1989a): 西太平洋熱帯域の大気-海洋相互作用の研究。気象, **33**, 10534-10538.
- 川村隆一(1989b): 複素経験直交関数(CEOF)を用いた時空間データ解析。地理学評論, **62**, 812-822.
- 川村隆一・田 少奮(1991): 北半球500mb 高度場のテレコネクションと日本のシンギュラリティ。天気(投稿中)
- 古藤田一雄・甲斐憲次・中川慎治・吉野正敏・星 仰・武田 要・関 利孝(1984): ランドサットデータによる土地利用区分と広域蒸発散量算定手法の開発に関する研究。筑波大学水理実験センター報告, **8**, 57-66.
- 杉山貴子(1987): 日本の降雪分布と大気循環場。筑波大学環境科学研究科昭和61年度修士論文, 61p.
- 丁 良模・吉野正敏(1986): 東シナ海ブイロボット海域における海水温の変動研究。筑波大学水理実験センター報告, **10**, 61-66.

- 丁 良模・吉野正敏 (1988) : 黒潮の海面水温とエル・ニーニョ現象. 筑波大学水理実験センター報告, **12**, 1—6.
- 丁 良模・吉野正敏 (1989) : 東シナ海のブイロボット観測点における海面からの熱供給量の気候学的特性. 筑波大学水理実験センター報告, **13**, 89—95.
- 中尾正義 (1990) : 地球規模の気候・環境問題における雪氷圏の役割. 雪氷, **52**, 185—194.
- 西森基貴・吉野正敏 (1990) : ENSO 現象と台風の発生・発達・経路との関係. 地理学評論, **63**, 530—540.
- 新田 勲・安成哲三・佐伯理郎・山形俊男・北村佳照・山崎孝治・鬼頭昭雄・川村隆一 (1988) : 大気—海洋相互作用に関するピアクネスシンポジウム. 天気, **35**, 417—425.
- 花輪公雄 (1990) : 北太平洋の大規模海面水温変動に関する研究. 天気, **37**, 221—230.
- 森永由紀 (1991) : 大陸積雪と大気の相互作用. 気象研究ノート (準備中)
- 安成哲三 (1989) : ユーラシア大陸の積雪と ENSO. 地学雑誌, **98**, 613—622.
- 安成哲三・他 (1990) : 熱帯海洋と全球大気 (TOGA) に関する国際研究集会に参加して. 天気, **37**, 809—819.
- 安成哲三・山根理子 (1990) : 気候変動の季節性に着目した都市気候成分の検出について. 西沢利栄編「都市化の進展に伴う都市気候の変化に関する研究」—昭和61年度—平成1年度文部省科学研究費補助金 (一般研究 A) 研究成果報告書, 研究課題番号 61420049—, 73—81.
- 山川修治 (1988) : 東アジアにおける卓越気圧配置型の季節推移からみた近年の気候変動. 地理学評論, **61**, 381—403.
- 山川修治 (1989) : 20世紀の寒冷期・温暖期・変動期における東アジア地上気圧配置の季節内変動と特異性. 地学雑誌, **98**, 833—852.
- 吉野正敏 (1976) : モンスーンアジアにおける異常乾湿の気候学的研究. 筑波大学気候学・気象学研究報告, **2**, 74p.
- 吉野正敏 (1977) : モンスーンアジアにおける異常乾湿の気候学的研究 (II). 筑波大学気候学・気象学研究報告, **3**, 97p.
- Aoki, T. and M. M. Yoshino (1984) : Relation between the frequency of typhoon formations and sea surface temperature. *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 172—176.
- Kawamura, R. (1984) : Relation between atmospheric circulation and dominant sea surface temperature anomaly patterns in the North Pacific during the Northern Winter. *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 910—916.
- Kawamura, R. (1986) : Seasonal dependency of atmosphere-ocean interaction over the North Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, **64**, 363—371.
- Kawamura, R. (1988a) : Quasi-biennial oscillation modes appearing in the tropical sea water temperature and 700mb zonal wind. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 955—965.
- Kawamura, R. (1988b) : Intraseasonal variability of sea surface temperature over the tropical western Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 1007—1012.
- Kawamura, R. (1990) : Large-scale air-sea interactions in the tropical western Pacific on interannual and intraseasonal time scales. *Environ. Res. Center Papers, Univ. of Tsukuba*, No. 14, 64p.
- Kawamura, R. (1991a) : Air-sea coupled modes on intraseasonal and interannual time scales over the tropical western Pacific. *J. Geophys. Res.*, **96**, 3165—3172.
- Kawamura, R. (1991b) : Modification of the 30—60 day oscillation by air-sea interaction in the warm pool region of the western Pacific during the northern summer. *Submitted to TOGA notes*.
- Kurihara, T. (1987) : A climatological study on the Okhotsk air mass during the typical Yamase period. *Climatological Notes, Univ. Tsukuba*, **37**, 95p.
- Kotoda, K. (1986) : Estimation of river basin evapotranspiration. *Environ. Res. Center Papers, Univ. of Tsukuba*, No. 8, 66p.
- Morinaga, Y. and T. Yasunari (1987) : Interactions between the snow cover and the atmospheric circulation in the northern hemisphere. *IAHS Publ.*, No. **166**, 73—78.
- Morinaga, Y. and H. Igarashi (1991) : Relationships between snow cover extent and snow mass derived from Nimbus-7 SMMR data over the Eurasian continent. *Climatological Notes, Univ. Tsu-*

- kuba, **40**, 101—110.
- Suppiah, R. (1988) : Atmospheric circulation variations and the rainfall of Sri Lanka. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, Sec. A, **9**, 75—142.
- Tanaka, M. (1980) : Role of the circulation at the 150mb level in the winter and summer monsoon in the Asian and Australian regions. *Climatological Notes, Univ. Tsukuba*, **26**, 134p.
- Tomita, T. (1991) : The two successive-year El Nino and the single year El Nino. *Climatological Notes, Univ. Tsukuba*, **40**, 43—54.
- Ueno, K. (1991) : Climatological analysis on extratropical cyclones in the middle latitudes of the Northern Hemisphere. *Doctor thesis. Univ. of Tsukuba*, 137p.
- Yasunari, T. (1979) : Cloudiness fluctuations associated with the Northern Hemisphere summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, **57**, 227—242.
- Yasunari, T. (1985) : Zonally propagating modes of the global east-west circulation associated with the Southern Oscillation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **63**, 1013—1029.
- Yasunari, T. (1987a) : Global Structure of the El Nino/Southern Oscillation. Part I. El Nino composites. *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 67—80.
- Yasunari, T. (1987b) : Global Structure of the El Nino/Southern Oscillation. Part II. Time Evolution. *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 81—102.
- Yasunari, T. (1990) : Impact of Indian monsoon on the coupled atmosphere/ocean system in the tropical Pacific. *Meteor. Atmos. Phys.*, **44**, 29—41.
- Yasunari, T., K. Masuda, Y. Morinaga and H. Igara-shi (1991a) : Satellite climatological study of large-scale snow cover in the Northern Hemisphere. *Climatological Notes, Univ. Tsukuba*, **40** (in press)
- Yasunari, T., A. Kitoh and T. Tokioka (1991b) : The effect of Eurasian snow cover on spring and summer climate of the northern hemisphere -A study by the MRI-GCM. *Submitted to J. Meteor. Soc. Japan*.
- Yoshino, M. M. and K. Kai (1974) : Pressure pattern calendar of East Asia, 1941—1970, and its climatological summary. *Climatological Notes, Univ. Tsukuba*, **16**, 71p.
- Yoshino, M. and S. Yamakawa (1985) : Pressure pattern calendar of East Asia, 1971—1980, and some climatological discussion. *Climatological Notes, Univ. Tsukuba*, **34**, 37p.
- Yoshino, M., R. Suppiah and R. Kawamura (1986) : Recent change of Bora-days on the Adriatic Coast of Yugoslavia and Oroshi-days in the Kanto Plain in Japan. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, **12**, 35—41.
- Yoshino, M. and R. Kawamura (1987) : Periodicity and propagation of sea surface temperature fluctuations in the equatorial Pacific. *Beitr. Phys. Atmosph.*, **60**, 283—293.
- Yoshino, M., R. Suppiah, R. Kawamura and K. Ueno (1988) : Cold waves and winter monsoon in East Asia : with special reference to South China. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, Sec. A, **9**, 143—163.
- Yoshino, M. and R. Kawamura (1989) : Structure of cold waves over East Asia. *50th Ann. of Prof. Yao's research and education works., Met. Publ. House, Beijing*, 340—349.