

NGHIÊN CỨU ĐỘ NHẠY CỦA MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC REGCM3 PHẦN I: ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN BIÊN ĐẾN KẾT QUẢ MÔ PHỎNG KHÍ HẬU HẠN MÙA KHU VỰC VIỆT NAM VÀ ĐÔNG NAM Á

THƯ VIỆN

TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA

PGS.TS. Phan Văn Tân, NCS. Hồ Thị Minh Hà

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN

Trong bài này, ảnh hưởng của các loại số liệu tái phân tích toàn cầu và nhiệt độ mặt nước biển (SST) khác nhau đối với kết quả mô phỏng hạn mùa các các trường nhiệt độ trung bình tháng và tổng lượng mưa tháng cho khu vực Việt Nam và Đông Nam Á của mô hình khí hậu khu vực RegCM3 được khảo sát. Mô hình RegCM3 được tích phân cho 3 mùa đông và 3 mùa hè thời kỳ 1996-1998. Năm thí nghiệm được thiết lập để chạy RegCM3 tương ứng với 3 loại số liệu tái phân tích ERA40, NNRP1 và NNRP2, và 2 loại số liệu SST là OISST và sst_mnmean được sử dụng làm điều kiện biên xung quanh (LBC) và điều kiện biên dưới.

Các trường nhiệt độ và lượng mưa mô phỏng của RegCM3 được đánh giá bằng cách so sánh với số liệu phân tích của CRU (nhiệt độ) và CMAP (lượng mưa), và thông qua các chỉ số thống kê định lượng (cho riêng khu vực Việt Nam). Kết quả nhận được cho phép kết luận rằng trong số các nguồn số liệu được sử dụng, số liệu tái phân tích ERA40 và nhiệt độ mặt nước biển OISST là thích hợp nhất cho mục đích mô phỏng khí hậu hạn mùa khu vực Việt Nam và Đông Nam Á bằng mô hình RegCM3.

1. Mở đầu

Mô phỏng và dự báo khí hậu có thể được thực hiện bằng cách kết hợp các nguyên lý của vật lý học, hóa học và sinh học vào trong một mô hình toán học mô tả hệ thống khí hậu, và được gọi một cách ngắn gọn là mô hình khí hậu. Hiện nay các mô hình khí hậu thường được ký hiệu ngắn gọn là GCM. Nguyên gốc GCM được cấu tạo từ thuật ngữ mô hình hoàn lưu chung khí quyển (General Circulation Model). Tuy nhiên, hiện nay GCM được dùng để ký hiệu loại mô hình khí hậu tinh xảo nhất, trong đó hoàn lưu chỉ là một trong những thành phần cốt yếu, nên dường như nó được thay đổi một cách hợp lý nguồn gốc cấu tạo là mô hình khí hậu toàn cầu (Global Climate Model).

Tuy nhiên, do hầu hết các GCM đều có độ phân giải thấp (khoảng vài trăm km), không đủ để mô tả

những đặc điểm địa phương và khu vực, như khí hậu gió mùa, điều kiện địa hình cũng như sự phức tạp của các hệ sinh thái, nên các mô hình khí hậu khu vực (Regional Climate Models RCMs) đã ra đời từ những năm 1980. RCMs được phát triển dựa trên nguyên tắc lồng (nest) vào một GCM nào đó [Giorgi và Mearns 1991; McGregor, 1997] trong đó, các điều kiện ban đầu (Initial Condition IC) và điều kiện biên xung quanh phụ thuộc thời gian (Lateral Boundary Condition LBC) của RCM là sản phẩm của GCM [Giorgi và Bi, 2000]. Ở đây, LBC đóng vai trò như là trường điều khiển, bảo đảm cho RCM khỏi "đi lệch hướng" trong quá trình tích phân theo thời gian. Với ưu thế là độ phân giải cao hơn, có khả năng mô tả được các quá trình qui mô nhỏ hơn, chi tiết hơn mà các GCM không nắm bắt được, nên trong những năm gần đây các RCM được nghiên cứu xây dựng và phát triển rất mạnh mẽ. Trong số đó đáng chú ý

Người phản biện: GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngữ

có RegCM (Regional Climate Model), REMO (Regional Model), CCAM (Cubic Conformal Amospheric Model), DARLAM (Mô hình khí hậu khu vực phân giải cao của CSIRO, Australia),... Đặc biệt, sau khi mô hình RegCM ra đời và không ngừng được phát triển, cải tiến ở ICTP (The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics), nó đã được cung cấp miễn phí với mục đích giúp các nước đang phát triển tiếp cận hướng mô hình hóa khí hậu khu vực.

Để chạy các RCM cần phải có các loại số liệu về độ cao địa hình, lớp phủ bề mặt, nhiệt độ mặt nước biển (SST), và số liệu dùng làm IC và LBC. Thông thường độ cao địa hình và lớp phủ bề mặt được cho cố định, SST được sử dụng như là điều kiện biên dưới cưỡng bức (Forcing), còn IC và LBC là sản phẩm của GCM. Theo truyền thống, LBC và SST được cập nhật sau từng khoảng thời gian cách nhau 3h hoặc 6h mà giá trị của chúng được nội suy về các bước tích phân để thực hiện việc "truyền thông tin" từ GCM vào RCM qua vùng đệm (buffer zone) và qua các dòng trao đổi đại dương khí quyển.

Với vai trò là trường điều khiển, GCM sẽ chi phối các quá trình bên trong của RCM thông qua LBC, và do đó độ chính xác mô phỏng của RCM, ngoài sự phụ thuộc vào lỗi động lực và các sơ đồ tham số hóa vật lý, sẽ phụ thuộc vào chất lượng của các trường toàn cầu [Sass và Christensen, 1995]. Đã có nhiều công trình nghiên cứu về tác động của LBC đến các mô phỏng của RCM, như Giorgi và Marinucci (1991), Jones và CS. (1995), Cress và CS. (1995), Machenhauer và CS. (1996), Annette R. và Klaus D., 2000,... Kết quả cho thấy, sai số hệ thống trong các trường điều khiển sẽ được truyền vào RCM thông qua LBC. Tuy nhiên, so với GCM, sai số hệ thống trung bình khu vực của RCM vẫn nhỏ hơn nhiều do khả năng nắm bắt được chi tiết hơn các quá trình qui mô nhỏ [Giorgi và Marinucci 1996, Noguer và CS., 1998, Jones và CS., 1999; Giorgi và CS., 1998; McGregor và CS., 1998; Kato và CS., 2001].

Đại dương là thành phần biến đổi chậm của hệ thống khí hậu. Nhiệt độ bề mặt đại dương (SST) là một trong những nhân tố quyết định mức độ trao đổi

nước và năng lượng giữa biển và khí quyển thông qua các dòng ẩn nhiệt và hiển nhiệt, qua đó tác động đến các quá trình xảy ra trong lớp biên, sự hình thành giáng thủy và nhiều quá trình khác. Theo Paeth và Hense (2004), SST nóng hơn sẽ làm giảm biên độ dòng xiết gió tây trên Châu Phi và tăng vận chuyển ẩm về phía bắc từ xích đạo lên 12oN trên khu vực Tây Phi trong mùa gió mùa hè.

Nếu có được các trường LBC và SST mô tả đúng trạng thái thực của khí quyển và nhiệt độ bề mặt đại dương thì độ chính xác của các RCM chỉ còn phụ thuộc vào động lực học và các sơ đồ tham số hóa. Trong quá trình nghiên cứu ứng dụng và phát triển các RCM, các nguồn số liệu thường được sử dụng làm LBC và điều kiện biên dưới cưỡng bức là các trường tái phân tích toàn cầu (reanalysis data) và SST phân tích (analysis data). Mặc dù các nguồn số liệu này được tái tạo hoặc phân tích dựa trên số liệu quan trắc thực tế và được xem là gần với trạng thái thực của khí quyển, song chúng có xuất xứ khác nhau, nên chất lượng của chúng cũng có thể khác nhau. Cùng một nguồn số liệu và cùng một RCM, nơi này có thể cho kết quả mô phỏng khác xa nơi khác, đặc biệt là ở các khu vực nhiệt đới và trên các vùng biển, nơi mà mạng lưới quan trắc thưa thớt. Bởi vậy, trước khi nghiên cứu ứng dụng một RCM nào đó, bài toán đầu tiên cần phải giải quyết là lựa chọn được nguồn số liệu LBC và SST thích hợp.

Với mục đích nghiên cứu khả năng ứng dụng mô hình RegCM vào điều kiện Việt Nam, chúng tôi sẽ tiến hành một loạt các thử nghiệm. Như là bước đầu tiên của quá trình đó, bài báo này sẽ trình bày một số kết quả nghiên cứu độ nhạy của RegCM đối với các nguồn số liệu tái phân tích và SST, qua đó nhận định về các nguồn số liệu nên được dùng cho các nghiên cứu tiếp theo.

RegCM là mô hình khí hậu khu vực được phát triển dựa trên mô hình MM4 (The Fourth-Generation NCAR/Penn State Mesoscale Model) vào cuối những năm 1980 [Dickinson và CS., 1989; Giorgi, 1989]. Động lực của RegCM phiên bản đầu tiên bắt nguồn từ MM4 là một mô hình sai phân hữu hạn, với giả thiết khí quyển nén được, thỏa mãn điều kiện cân bằng thủy tĩnh, sử dụng hệ tọa độ thẳng đứng

σ. Trong quá trình nghiên cứu phát triển nhiều đặc tính quan trọng của RegCM đã được bổ sung, cải tiến. Kết quả là phiên bản gần đây nhất, RegCM3, có bản chất động lực giống với phiên bản MM5 thủy tĩnh [Grell và CS., 1994], còn các sơ đồ tham số hóa vật lý đã được thay đổi về căn bản, bao gồm cả sơ đồ bề mặt đất (LSM), sơ đồ bức xạ, sơ đồ đối lưu,... [Elguindi và CS, 2003].

2. Mô tả thí nghiệm

a. Cấu hình mô hình

Trong các thí nghiệm được thực hiện ở đây mô hình RegCM phiên bản 3.0 (từ đây sẽ ký hiệu là RegCM3) được sử dụng. RegCM3 sử dụng sơ đồ truyền bức xạ của CCM3 (Community Climate Model Version 3), trong đó có tính đến ảnh hưởng của việc gia tăng các khí nhà kính (NO_2 , CH_4 , CFC), aerosol khí quyển, và băng trong mây; sơ đồ trao đổi sinh khí quyển BATS (Biosphere Atmosphere Transfer Scheme); hai tùy chọn đối với sơ đồ tính dòng trao đổi đại dương khí quyển là BATS và Zeng; bốn tùy chọn đối với sơ đồ đối lưu là Kuo, MITEmanuel, Grell với giả thiết khép kín Arakawa-Schubert năm 1974, ký hiệu GrellAS74 và Grell với giả thiết khép kín Fritsch-Chappell năm 1980, ký hiệu GrellFC80,... Nói chung, so với các phiên bản trước, RegCM3 đã có những cải tiến và bổ sung đáng kể, trong đó chủ yếu là những thay đổi trong vật lý mô hình, bao gồm sơ đồ giáng thủy qui mô lưới có tính đến sự thay đổi qui mô dưới lưới của mây, các sơ đồ tính các dòng từ bề mặt biển của Zeng, tham số hóa kiểu khảm sự bất đồng nhất qui mô dưới lưới do địa hình và đất sử dụng. Như vậy, ngoài các sơ đồ bức xạ, sơ đồ sinh khí quyển, sơ đồ lớp biên, RegCM3 có hai tùy chọn đối với sơ đồ tính dòng trao đổi đại dương khí quyển và bốn tùy chọn đối với sơ đồ đối lưu. Trong những thử nghiệm ở đây chúng tôi sử dụng sơ đồ tính dòng trao đổi đại dương khí quyển theo BATS và sơ đồ đối lưu GrellAS74.

Việc lựa chọn vị trí và kích thước miền tính của mô hình áp dụng cho khu vực Việt Nam và Đông Nam Á là một vấn đề không đơn giản. Nếu miền tính được mở quá rộng thì ngoài việc liên quan đến năng lực của máy tính còn có yếu tố quan trọng hơn là sự

tương tác giữa miền trong của mô hình và trường điều khiển bên ngoài (biên). Nếu miền quá nhỏ, ảnh hưởng của dãy Himalaya ở phía bắc cũng như chất lượng các trường điều khiển liên quan đến các vùng biển nhiệt đới có thể làm tăng sai số mô phỏng. Qua một số thử nghiệm chúng tôi nhận thấy miền tính nằm trong khoảng từ 75-135E và 15S-42N là hợp lý để có thể đánh giá khả năng mô phỏng các hệ thống gió mùa mùa đông và mùa hè, đồng thời tránh được sai số trên biên do sự thừa thớt số liệu trên vùng núi cao Tây Tạng. Mặt khác, kích thước này cũng không quá lớn nhằm giữ được vai trò điều khiển của trường toàn cầu.

Về độ phân giải ngang, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc tăng độ phân giải của mô hình có thể làm thay đổi hiệu ứng của tác động vật lý từ các sơ đồ tham số hóa [Giorgi và Marinucci, 1996; Laprise và CS, 1998], cải thiện khả năng biểu diễn chu trình nước [Christensen và CS, 1998; Leung và Ghan, 1999], mô tả chính xác hơn nền nhiệt ở một số địa phương [Kato và CS., 1999], tác động mạnh đến sự phân bố không gian của lượng mưa, nhất là trên những vùng có địa hình phức tạp [Giorgi và Marinucci, 1996] do địa hình được mô tả chi tiết hơn. Tuy nhiên, việc tăng độ phân giải ngang đôi khi làm giảm khả năng mô phỏng một vài khía cạnh khí hậu của mô hình [Machenauer và CS, 1998; Kato và CS, 1999]. Mặt khác, trong điều kiện hiện nay, với kích thước miền đã chọn, nếu tăng độ phân giải quá cao sẽ dẫn tới năng lực máy tính không cho phép. Do đó, sau khi xem xét chúng tôi quyết định chọn phương án 54km (tương đương 0,5 độ kinh vĩ). Và tương ứng nó, số mực theo chiều thẳng đứng sẽ là 18 mực, trong đó có 6 mực trong lớp biên (dưới 850mb), với khí áp tại đỉnh mô hình là 50mb.

b. Các nguồn số liệu và phương pháp đánh giá

1) Số liệu chạy mô hình

Để chạy mô hình RegCM3 cần có số liệu độ cao địa hình (Topography), loại đất sử dụng (Landuse type), tính chất kết cấu của đất (Soil texture), nhiệt độ mặt nước biển (SST) và các trường khí tượng là sản phẩm của GCM làm IC và LBC, bao gồm: Nhiệt độ không khí (T), độ ẩm tương đối (RH), độ cao địa

thế vị (H) và các thành phần gió ngang (U, V) trên các mực đẳng áp chuẩn. Với mục đích mô phỏng, số liệu dùng làm IC, LBC và SST thường là các nguồn số liệu tái phân tích và phân tích. Hiện nay, các nguồn số liệu này có thể được khai thác miễn phí trên Internet, chẳng hạn ECMWF và ERA40 từ ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts), NNRP1 và NNRP2 từ NCEP (National Centre for Environmental Prediction), JRA25 từ JMA (Japan Meteorological Agency), SST trung bình tuần (OISST) và trung bình tháng (sst_mnmean) từ NOAA (National Ocean and Atmosphere Administration).... Thông thường các trường khí quyển có độ phân giải ngang là 2,5 độ kinh vĩ, còn SST có độ phân giải 1,0 độ kinh vĩ. Trong phạm vi bài này, chúng tôi chọn ba nguồn số liệu tái phân tích ERA40, NNRP1 và NNRP2, và hai nguồn số liệu SST là OISST và sst_mnmean cho các thử nghiệm.

Việc tích phân mô hình được tiến hành cho hai giai đoạn trong năm tương ứng với hai mùa: Từ tháng 6 đến tháng 11 (gọi là mùa hè) và từ tháng 12 đến tháng 5 năm sau (gọi là mùa đông). Xét về điều kiện khí hậu Việt Nam, việc phân chia thành hai mùa như trên có thể chưa thực sự hợp lý, vì hầu như trên các vùng khí hậu mùa mưa bắt đầu vào tháng 5 và kết thúc vào tháng 10, trong khi ở khu vực miền Trung (Bắc Trung bộ và Nam Trung bộ) mùa mưa dịch chuyển về mùa đông (tháng 8 đến tháng 12); khái niệm mùa khô chỉ có ở Nam Bộ và Tây Nguyên, còn khái niệm mùa lạnh chỉ có ở các vùng phía Bắc. Bởi vậy, để dung hòa được điều kiện nhiệt, ẩm cho toàn miền tính, chúng tôi tạm thời phân chia thành mùa hè (ám chỉ đây là những tháng có nền nhiệt cao trong năm đồng thời bao gồm cả thời kỳ mưa nhiều) và mùa đông (ám chỉ đây là những tháng có nền nhiệt thấp và ít mưa). Thời gian thử nghiệm tiến hành cho 3 năm, từ 1996 - 1998 (3 mùa đông và 3 mùa hè). Mỗi mùa như vậy mô hình được chạy cho 7 tháng với tháng đầu tiên lùi về mùa trước, là thời gian khởi động mô hình (spin-up time).

2) Số liệu đánh giá

Kết quả mô phỏng của RegCM3 sẽ được đánh giá sai số khi so sánh với các nguồn số liệu sau:

- CRU (Climatic Research Unit): Số liệu phân tích nhiệt độ 2m (T2m) trung bình tháng và tổng lượng giáng thủy tháng với độ phân giải ngang 0,5 độ kinh vĩ. CRU là bộ số liệu phân tích khách quan dựa trên mạng lưới trạm quan trắc nên chỉ có trên các vùng lục địa.

- CMAP (CPC Merged Analysis of Precipitation): Là bộ số liệu tổng lượng giáng thủy tháng phân tích trên cơ sở kết hợp nhiều nguồn khác nhau bao gồm cả giáng thủy ước lượng từ số liệu vệ tinh [Xie và Arkin, 1996]. Độ phân giải ngang của CMAP là 2,5 độ kinh vĩ.

- Số liệu quan trắc thực tế của Việt Nam: Là tổng lượng mưa tháng (54 trạm) và nhiệt độ trung bình tháng (154 trạm) từ mạng lưới trạm quan trắc khí tượng trải đều trên lãnh thổ Việt Nam.

3) Phương pháp đánh giá

Việc đánh giá được thực hiện theo hai phương thức: so sánh trực quan giữa các trường mô phỏng và các trường quan trắc, và đánh giá dựa trên các chỉ số thống kê. Việc so sánh trực quan nhằm xem xét khái quát sự phù hợp về phân bố không gian giữa mô phỏng và quan trắc, còn sử dụng các chỉ số thống kê nhằm định lượng hóa sai số của mô phỏng. Việc đánh giá định lượng này chỉ thực hiện được cho khu vực Việt Nam.

Để đánh giá định lượng, kết quả mô phỏng của mô hình được nội suy về vị trí các trạm quan trắc tương ứng. Độ chính xác mô phỏng được đánh giá dựa trên các đại lượng:

a) Sai số trung bình:

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)$$

b) Sai số tuyệt đối trung bình:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i|$$

c) Hệ số tương quan:

$$r = \frac{\sum (F - \bar{F})(O - \bar{O})}{\sqrt{\sum (F - \bar{F})^2} \sqrt{\sum (O - \bar{O})^2}}$$

Trong các công thức trên, F và O tương ứng chỉ

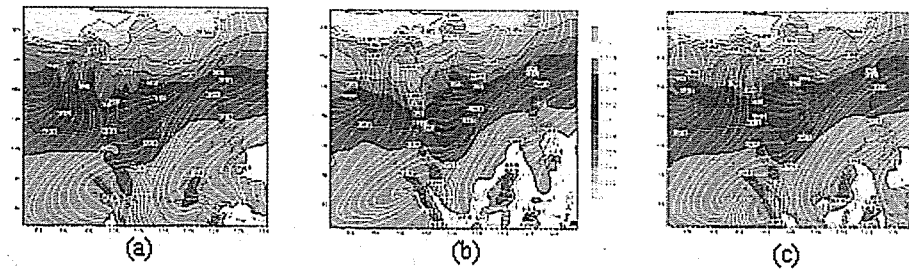
giá trị mô phỏng và quan trắc, dấu gạch ngang chỉ giá trị trung bình trên toàn tập mẫu.

3. Ảnh hưởng của các trường toàn cầu

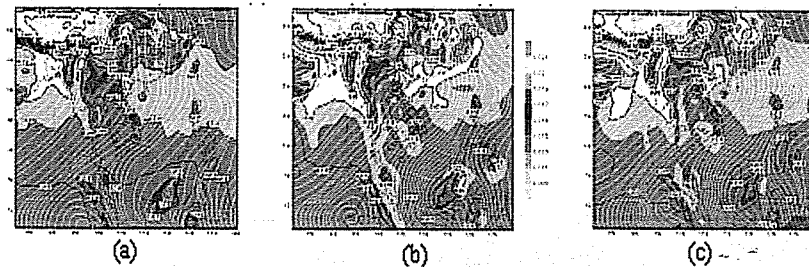
Mặc dù số liệu tái phân tích có thể được xem là đáng tin cậy nhất cho phép mô tả được trạng thái thực của khí quyển, song hiện nay có nhiều nguồn cung cấp khác nhau nên chất lượng của các loại số liệu này cũng có thể khác nhau, điều đó có thể ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng của mô hình khu vực. Để xem xét vấn đề này, ba thí nghiệm số Reg+ERA40, Reg+NNRP1 và Reg+NNRP2 đã được thực hiện với RegCM3 tương ứng với ba nguồn số liệu toàn cầu khác nhau dùng làm LBC là ERA40, NNRP1 và NNRP2, trong đó điều kiện biên dưới cưỡng bức là số liệu OISST. Trên hình 1 và 2

dẫn ra trường độ ẩm tương đối và đường dòng mực 1000mb của ba nguồn số liệu ERA40, NNRP1 và NNRP2 của tháng 1 và tháng 7 trung bình 3 năm (1996 - 1998). Kết quả mô phỏng nhiệt độ và lượng mưa của ba thí nghiệm này được lấy trung bình cho các tháng mùa đông và mùa hè, và được trình bày trong các hình 3-4, 6-7.

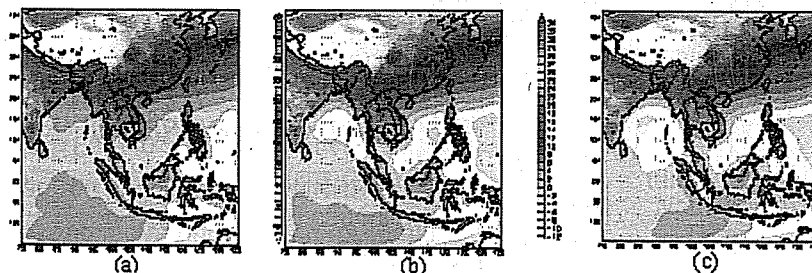
Từ hình 1 và hình 2, nói chung khó có thể nhận ra sự khác biệt về hoàn lưu giữa ba nguồn số liệu, nhưng độ ẩm tương đối của chúng lại khác nhau khá nhiều. Vào tháng 1, ERA40 có độ ẩm hầu như cao hơn NNRP1 và NNRP2 trên đất liền và thấp hơn trên đại dương, trong khi vào tháng 7, độ ẩm của ERA40 thấp hơn hai nguồn số liệu còn lại cả ở trên lục địa và trên các đại dương. Tuy nhiên, giữa NNRP1 và NNRP2 là có sự tương đồng.



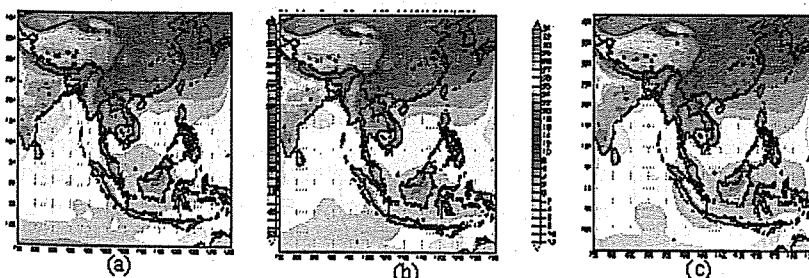
Hình 1. Trường độ ẩm tương đối (%) và đường dòng mực 1000mb trung bình tháng 01/1996 của (a) ERA40, (b) NNRP1 và (c) NNRP2



Hình 2. Trường độ ẩm tương đối (%) và đường dòng mực 1000mb trung bình tháng 07/1996 của (a) ERA40, (b) NNRP1 và (c) NNRP2



Hình 3. Trường nhiệt độ T2m (độ C) trung bình các tháng mùa đông thời kỳ 1996-1998 mô phỏng bởi Reg+ERA40 (a), Reg+NNRP1 (b) và Reg+NNRP2 (c)



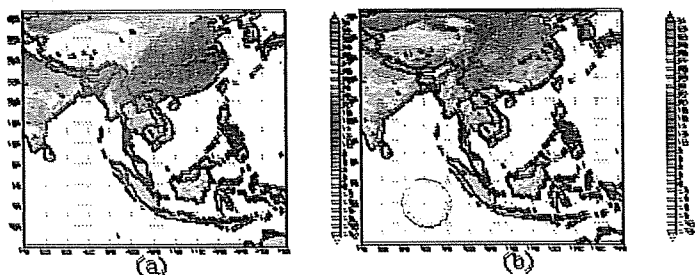
Hình 4. Trường nhiệt độ T2m (độ C) trung bình các tháng mùa hè thời kỳ 1996-1998 mô phỏng bởi Reg+ERA40 (a), Reg+NNRP1 (b) và Reg+NNRP2 (c)

Việc phân tích các hình 3 - 4, 6 - 7 cho thấy:

* Đối với nhiệt độ: Về mùa đông, trên các vùng lục địa, T2m mô phỏng của cả ba thí nghiệm hầu như không có sự khác biệt (hình 3). Chính xác hơn, sự khác biệt này không được thể hiện một cách rõ ràng. Mặc dù vậy, T2m mô phỏng bởi Reg+NNRP1 và Reg+NNRP2 có xu hướng cao hơn Reg+ERA40, biểu hiện ở các khu vực Campuchia, Nam Bộ Việt Nam và bán đảo Ấn Độ. Tuy nhiên, ảnh hưởng của ba nguồn số liệu toàn cầu lại được bộ lộ khá rõ trên các vùng đại dương. So với Reg+ERA40, hai thí nghiệm Reg+NNRP1 và Reg+NNRP2 cho kết quả mô phỏng T2m cao hơn khoảng 1-2°C trên toàn dải vĩ độ 0 - 3°N. Trong khi Reg+NNRP1 tạo ra một tâm nóng trên 26°C ở phía đông Phillipine thuộc biển Đông thì Reg+NNRP2 tạo ra tâm tương tự trên khu vực vịnh Bengal. Reg+NNRP1 dường như cho T2m mô phỏng cao hơn trên biển Đông và quần đảo Indonesia so với Reg+ERA40 và Reg+NNRP2, còn

Reg+NNRP2 cho T2m mô phỏng cao hơn trên vùng vịnh Bengal so với hai thí nghiệm còn lại. Về mùa hè (hình 4), dường như Reg+ERA40 cho kết quả mô phỏng T2m thấp hơn trên lục địa và cao hơn trên các vùng đại dương so với Reg+NNRP1 và Reg+NNRP2. Xu thế chung là Reg+NNRP1 tái tạo T2m cao hơn. Tuy vậy, sự khác biệt giữa kết quả mô phỏng của ba thí nghiệm này không được rõ như về mùa đông. Liên hệ với các trường đầu vào, sự khác nhau giữa kết quả mô phỏng của ba thí nghiệm có lẽ gây nên bởi sự khác nhau của trường độ ẩm tương đối.

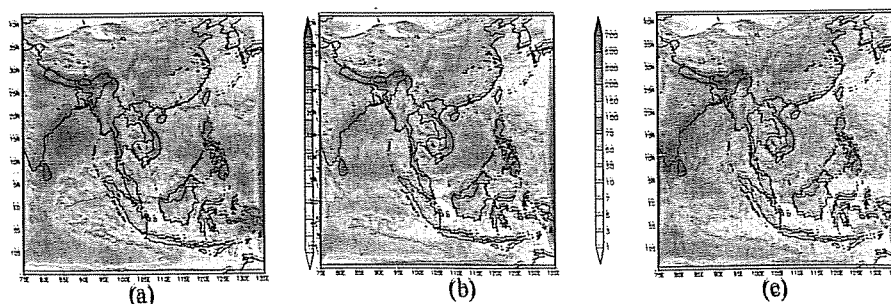
Việc so sánh kết quả mô phỏng của ba thí nghiệm với số liệu CRU (hình 5) cho thấy, trên các vùng lục địa nhiệt độ mô phỏng có xu hướng thấp hơn. Sự khác nhau giữa Reg+ERA40, Reg+NNRP1, Reg+NNRP2 và CRU trên đại dương không được kiểm chứng vì số liệu nhiệt độ của CRU chỉ có trên lục địa.



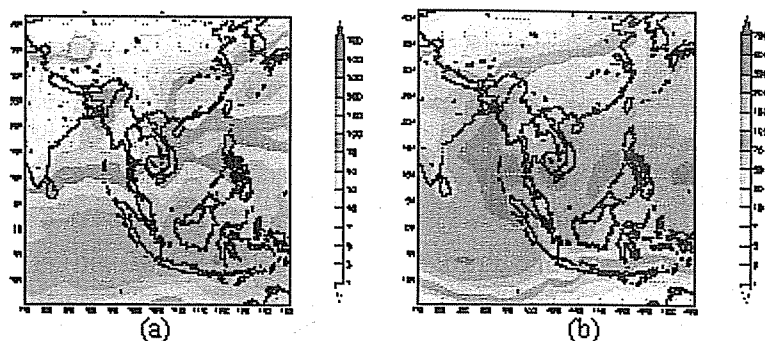
Hình 5. Nhiệt độ 2m (độ C) trung bình các tháng mùa đông (a) và mùa hè (b) thời kỳ 1996-1998 theo CRU



Hình 6. Trường lượng mưa (mm/tháng) trung bình các tháng mùa đông thời kỳ 1996-1998 mô phỏng bởi Reg+ERA40 (a), Reg+NNRP1 (b) và Reg+NNRP2 (c)



Hình 7. Trường lượng mưa (mm/tháng) trung bình các tháng mùa hè thời kỳ 1996-1998 mô phỏng bởi Reg+ERA40 (a), Reg+NNRP1 (b) và Reg+NNRP2 (c)



Hình 8. Lượng mưa (mm/tháng) trung bình các tháng mùa đông (a) và mùa hè (b) thời kỳ 1996-1998 theo CMAP

* Đối với lượng mưa: Xem xét sơ bộ có thể nhận thấy cả ba thí nghiệm đều đã tạo ra trường lượng mưa mô phỏng khá tương đồng với nhau, cả về vị trí các tâm mưa lớn, cường độ mưa cũng như phân bố không gian chung của chúng. Các thí nghiệm đều cho các tâm mưa trên khu vực đông bắc Ấn Độ, Nepal, Bangladesh, miền Trung Việt Nam và Phillipine về mùa đông (hình 6), phía nam và bắc bán đảo Ấn Độ, vịnh Bengal về mùa hè (hình 7). Về mùa đông, tâm mưa mô phỏng trên khu vực miền Trung Việt Nam và biển Đông của Reg+NNRP1 có cường độ lớn nhất trong khi Reg+NNRP2 cho tâm mưa lớn nhất trên khu vực Phillipine, còn tâm ở biển Đông bị dịch xuống phía nam. Sự khác biệt rõ nhất trong lượng mưa mô phỏng của ba thí nghiệm về mùa hè là vị trí và cường độ các tâm mưa trên khu vực Ấn Độ, vịnh Bengal và phía đông quần đảo Indonesia.

So sánh với số liệu phân tích (hình 8), về mùa đông cả ba thí nghiệm đều cho giá trị mô phỏng cao hơn CMAP ở các vĩ độ bắc bán cầu từ khoảng 5°N trở lên và thấp hơn CMAP ở những vĩ độ phía nam 5°N . Phân bố các khu vực nhiều và ít mưa của Reg+ERA40 phù hợp nhất với CMAP. Trong khi đó các thí nghiệm Reg+NNRP1 và Reg+NNRP2 thường tạo ra những vùng mưa rất lớn và phi thực tế trên biển Đông và khu vực Phillipine, và quá khô trên đại dương xích đạo. Hai thí nghiệm này cũng cho lượng mưa vượt quá CMAP khoảng 100-200mm/tháng trên vịnh Bengal trong khi Reg+ERA40 không mắc phải sai lầm đó. Điều này dường như khá phù hợp với sự chênh lệch độ ẩm tương đối của ba nguồn số liệu đầu vào (hình 1). Về

mùa hè, cả ba thí nghiệm đều mô tả tương đối tốt các tâm mưa và khá giống với số liệu CMAP. Reg+ERA40 đã tái tạo được tâm mưa lớn trên Bangladesh và vịnh Bengal gần nhất với CMAP, mặc dù cường độ lớn hơn thực tế, trong khi đó Reg+NNRP1 và Reg+NNRP2 mô phỏng thấp hơn thực tế và có vị trí tâm lệch sang phía tây vịnh Bengal. Trong cả hai mùa đông và hè, ba thí nghiệm đều tạo ra dải mưa giả tạo khá lớn trên biên phía đông của miền tính. Đây là một vấn đề không đơn giản có thể lý giải được, và cần phải có những nghiên cứu sâu hơn.

Từ những kết quả nhận được trên đây, bước đầu có thể nhận định rằng, nhiệt độ mô phỏng của RegCM3 với ba nguồn số liệu tái phân tích làm điều kiện biên là tương đồng với nhau và có xu hướng thấp hơn số liệu phân tích CRU, cả về mùa đông và mùa hè. Sự khác biệt giữa trường mưa mô phỏng của ba thí nghiệm về mùa đông rõ rệt hơn về mùa hè, trong đó kết quả mô phỏng của Reg+ERA40 nhìn chung phù hợp với số liệu phân tích CMAP hơn so với hai thí nghiệm còn lại.

Để có kết luận xác đáng hơn cho khu vực Việt Nam, kết quả mô phỏng của ba thí nghiệm được so sánh với số liệu quan trắc từ mạng lưới trạm khí tượng. Nhằm đảm bảo độ ổn định thống kê, tức dung lượng mẫu đủ lớn, các tập số liệu (mô phỏng và quan trắc) của ba năm 1996-1998 được gộp lại và không phân chia theo mùa, mặc dù mô hình chạy mô phỏng cho từng mùa riêng biệt. Như vậy, độ dài mỗi chuỗi số liệu sẽ là: 3 năm x 12 tháng x 54 trạm = 1944 mẫu (đối với lượng mưa) và 3 năm x 12

tháng x 154 trạm = 5544 mẫu (đối với nhiệt độ).

Bảng 1 dẫn ra các đặc trưng thống kê đánh giá sai số mô phỏng nhiệt độ và lượng mưa tháng của RegCM3 cho khu vực Việt Nam khi sử dụng các số liệu tái phân tích khác nhau làm điều kiện biên. Có thể nhận thấy rằng, cả ba thí nghiệm đều cho sai số trung bình (ME) âm đối với nhiệt độ và dương đối với lượng mưa, thể hiện xu thế mô phỏng nhiệt độ thấp hơn và lượng mưa cao hơn quan trắc của RegCM3. Sai số tuyệt đối trung bình (MAE) của nhiệt độ trong ba thí nghiệm dao động trong khoảng

1,8°C (Reg+NNRP2) đến 2,0°C (Reg+ERA40), còn lượng mưa từ 121,5mm (Reg+ERA40) đến 145,9mm (Reg+NNRP1). Hệ số tương quan giữa mô phỏng và quan trắc của nhiệt độ khá cao (0,94) còn lượng mưa khá thấp (từ 0,46 - 0,61). Xét trên tổng thể, có thể cho rằng sai số mô phỏng của ba thí nghiệm là tương đương nhau, nhưng Reg+ERA40 cho kết quả mô phỏng lượng mưa tốt hơn. Kết hợp với kết quả đánh giá cho toàn vùng, có thể kết luận rằng số liệu ERA40 là phù hợp nhất cho mục đích mô phỏng các trường khí hậu bề mặt khu vực Việt Nam và Đông Nam Á.

Bảng 1. Các chỉ số đánh giá nhiệt độ và lượng mưa mô phỏng cho Việt Nam khi sử dụng các nguồn số liệu tái phân tích khác nhau

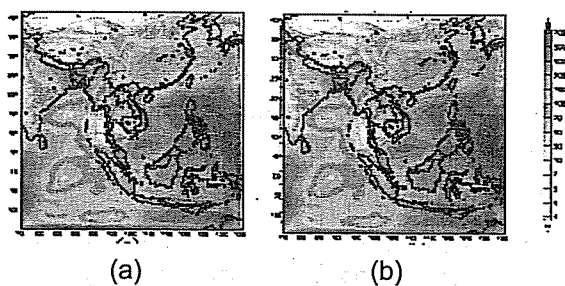
Yếu tố	Nhiệt độ trung bình tháng (°C)			Tổng lượng mưa trung bình tháng (mm)		
	Reg+ERA40	Reg+NNRP1	Reg+NNRP2	Reg+ERA40	Reg+NNRP1	Reg+NNRP2
TBF	22,4	22,5	22,7	237,1	261,4	225,4
TBO	24,4			160,6		
TBF/TBO	0,92	0,92	0,93	1,5	1,6	1,4
ME	-1,9	-1,8	-1,7	76,5	100,8	64,8
MAE	2,0	1,9	1,8	121,5	145,9	135,3
MAE/TBO	0,08	0,08	0,07	0,76	0,91	0,84
r	0,94	0,94	0,94	0,61	0,46	0,46

Ghi chú: TBF là trung bình kết quả mô phỏng; TBO là trung bình quan trắc; r là hệ số tương quan

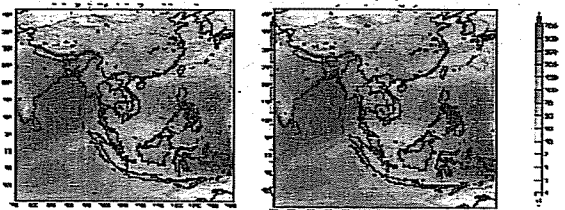
4. Ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển

Ở đây, với hai nguồn số liệu SST là OISST (số liệu trung bình tuần) và sst_mnmean (số liệu trung bình tháng), hai thí nghiệm đã được thực hiện: Reg+SST1 (RegCM3 chạy với OISST) và Reg+SST2 (RegCM3 chạy với sst_mnmean). Cấu hình của RegCM3 được thiết lập tương tự như trong mục 3 trên đây, ngoại trừ việc sử dụng số liệu ERA40 làm LBC và sơ đồ tham số hóa đối lưu Grell-FC80.

Việc so sánh kết quả mô phỏng các trường nhiệt độ và hoàn lưu của hai thí nghiệm (không dẫn ra đây) cho thấy giữa chúng không có sự khác biệt đáng kể. Sự khác nhau chủ yếu thể hiện ở trường lượng mưa. Trên các hình 9, 10 dẫn ra tổng lượng mưa tháng mô phỏng của Reg+SST1 và Reg+SST2 tính trung bình cho các tháng mùa đông và mùa hè trong thời kỳ 1996 - 1998:



Hình 9. Tổng lượng mưa tháng trung bình mùa đông (mm/tháng) mô phỏng theo Reg+SST1(a) và Reg+SST2 (b)



Hình 10. Tổng lượng mưa tháng trung bình mùa hè (mm/tháng) mô phỏng theo Reg+SST1(a) và Reg+SST2 (b)

Có thể nhận thấy rằng không có sự khác biệt về lượng mưa mô phỏng của hai thí nghiệm trên các vùng lục địa trong cả hai mùa. Sự phân bố các tâm mưa cũng như độ lớn của chúng hầu như trùng nhau hoàn toàn. Trong khi đó trên các vùng đại dương, hiệu ứng của SST được thể hiện ở sự khác biệt về phân bố không gian cũng như cường độ các tâm mưa mô phỏng của hai thí nghiệm. Vị trí và phạm vi các tâm mưa trên khu vực biển Đông Việt Nam, Ấn Độ Dương, vùng biển phía đông Phillipine (về mùa đông), và trên Ấn Độ Dương, phía đông Indonesia (về mùa hè) có sự dịch chuyển và biến dạng. Nhìn chung, vào mùa đông, Reg+SST2 thường cho lượng mưa trên biển thấp hơn một ít so với Reg+SST1 và ngược lại.

Về nguyên tắc, số liệu trung bình tuần (OISST) mô tả tốt hơn biến động theo thời gian của SST so

với số liệu trung bình tháng (sst_mnmean), và do đó sự chênh lệch giữa các cực trị trong OISST có thể sẽ lớn hơn trong sst_mnmean. Đó có thể là lý do cơ bản khiến lượng mưa mô phỏng của Reg+SST1 (sử dụng OISST) thường cao hơn (thấp hơn) so với lượng mưa mô phỏng của Reg+SST2 (sử dụng sst_mnmean) vào mùa đông (mùa hè).

Mặc dù vậy, sự khác biệt giữa hai trường hợp không thật sự rõ ràng, nhất là vào mùa hè. Có thể cho rằng, ở đây các nguồn số liệu SST không ảnh hưởng đáng kể đến kết quả mô phỏng của mô hình. Tuy nhiên, trong một chừng mực nhất định, Reg+SST1 phần nào phù hợp với CMAP (hình 8) hơn so với Reg+SST2. Điều đó cũng được chứng minh khi tiến hành đánh giá kết quả mô phỏng của hai thí nghiệm bằng cách so sánh với số liệu quan trắc thực tế ở Việt Nam (bảng 2).

Bảng 2. Các chỉ số đánh giá nhiệt độ và lượng mưa mô phỏng cho Việt Nam khi sử dụng các nguồn số liệu SST khác nhau

Yếu tố	Nhiệt độ trung bình tháng		Tổng lượng mưa tháng	
	Reg+SST1	Reg+SST2	Reg+SST1	Reg+SST2
TBI'	22,1	22,1	258,2	260,4
TBO	24,4		160,6	
ME	-2,3	-2,3	97,6	99,8
MAE	2,3	2,3	<u>128,0</u>	129,1
r	0,94	0,93	0,60	0,40

Ghi chú: Các ký hiệu tương tự như bảng 1.

5. Kết luận

Trong bài này đã trình bày kết quả thực hiện 5 thí nghiệm số đối với mô hình RegCM3 để mô phỏng khí hậu khu vực Việt Nam - Đông Nam Á cho 3 mùa đông và 3 mùa hè thời kỳ 1996 - 1998 khi sử dụng 3 loại số liệu tái phân tích toàn cầu (ERA40, NNRP1 và NNRP2) và 2 loại số liệu SST (OISST và sst_mnmean) khác nhau. Kết quả mô phỏng đã được đánh giá một cách định tính khi so sánh với các tập số liệu phân tích CRU (nhiệt độ) và CMAP (lượng mưa), và đánh giá định lượng cho khu vực Việt Nam thông qua các chỉ số đánh giá thống kê. Qua đó có thể rút ra một số kết luận sau:

1) Ảnh hưởng của các loại số liệu tái phân tích toàn cầu khác nhau đối với nhiệt độ và lượng mưa mô phỏng của RegCM3 là không rõ rệt. Sự khác biệt giữa các kết quả mô phỏng là khá nhỏ, tuy vậy về mùa đông chúng được thể hiện rõ hơn về mùa hè, nhất là đối với lượng mưa.

2) Đối với khu vực Việt Nam, RegCM3 cho nhiệt

độ mô phỏng thấp hơn quan trắc, còn lượng mưa mô phỏng cao hơn quan trắc. Sai số tuyệt đối trung bình của nhiệt độ mô phỏng tính trung bình năm vào khoảng 2°C, còn lượng mưa vào khoảng 70- 90% so với trung bình quan trắc.

3) Xét trên tổng thể, so với các loại số liệu NNRP1 và NNRP2, số liệu ERA40 cho kết quả mô phỏng của RegCM3 phù hợp nhất điều kiện khí hậu bề mặt khu vực Việt Nam và Đông Nam Á.

4) Các nguồn số liệu SST hiện có chưa thể sự ảnh hưởng đáng kể đến kết quả mô phỏng nhiệt độ và lượng mưa của RegCM3. Mặc dù vậy, trong một chừng mực nhất định, số liệu OISST cho kết quả mô phỏng phù hợp với thực tế hơn so với số liệu sst_mnmean, cả trên khu vực Đông Nam Á và Việt Nam.

Bài báo này được hoàn thành với sự hỗ trợ từ phía Đại học Quốc gia Hà Nội trong khuôn khổ đề tài QGTD.06.05.

Tài liệu tham khảo

1. Annette R. and Klaus D. (2000), "On the sensitivity of a regional Arctic climate model to initial and boundary conditions", *Clim. Res.*, Vol. 14, pp. 101-113.
2. Christensen J.H., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K., Kwon W.-T., Laprise R., Magaña Rueda V., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A., Whetton P. (2007), "Regional Climate Projections", In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (editions.)]. In press, Cambridge University Press.
3. Cress A., Majewski D., Podzun R., Renner V. (1995), "Simulation of European climate with a limited area model. Part I: Observed boundary conditions", *Beitr Phys Atmos*, Vol. 68, pp. 161-178
4. Dickinson R.E., Errico R.M., Giorgi F., Bates G.T. (1989), "A regional climate model for the western United States", *Climatic Change* Vol. 15, pp. 383-422.
5. Elguindi N., Bi X., Giorgi F., Nagarajan B., Pal J., Solmon F., Rauscher S., Zakey A. (2003), *RegCM Version 3.0 User's Guide*. PWCG Abdus Salam ICTP.
6. Giorgi F., and Bates G. (1989), "The Climatological Skill of a Regional Model over Complex Terrain", *Monthly Weather Review*, Vol. 117, pp. 2325-2347

7. Giorgi F., Bi X. (2000), "A study of internal variability of a regional climate model", *Journal of Geophysical Research* Vol. 105 (D24), pp. 29503-29521.
8. Giorgi F., Mearns L.O., Shields C. and McDaniel L. (1998), "Regional nested model simulations of present day and CO2 climate over the Central Plains of the U.S", *Clim. Change*, Vol. 40, pp. 457-493.
9. Giorgi F. and Marinucci M.R (1991), "Validation of a Regional Atmospheric Model over Europe: Sensitivity of Wintertime and Summertime Simulations to Selected Physics Parameterizations and Lower Boundary Conditions", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 117, pp. 1171-1206.
10. Giorgi F., Marinucci M.R. (1996), "An Investigation of the Sensitivity of Simulated Precipitation to Model Resolution and Its Implications for Climate Studies", *Monthly Weather Review* Vol. 124, pp. 148-166.
11. Giorgi F., Mearns L.O. (1991), "Approaches to the simulation of regional climate change: A review", *Rev. Geophys.* Vol. 29, pp. 191-216.
12. Grell G.A., Dudhia J. and Stauffer D.R. (1994), A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5), Tech. Note TN-398+IA, Technical report, National Center for Atmospheric Research
13. Jones R.G., Murphy J.M., Noguer M. (1995), "Simultion of climate change over Europe using a nested regional-climate model. Part I: Assessment of control climate including sensitivity to location of lateral boundaries", *Quart. J. Roy. Met. Soc.* Vol. 121, pp. 1413-1449.
14. Jones P.D., New M., Parker D.E., Martin S., Rigor I.G. (1999), "Surface air temperature and its variations over the last 150 years", *Reviews of Geophysic* Vol. 37, pp. 173-199.
15. Kato H., Hirakuchi H., Nishizawa K. and Giorgi F. (1999), "Performance of the NCAR RegCM in the simulations of June and January climates over eastern Asia and the high-resolution effect of the model", *J. Geophys. Res.*, Vol. 104, pp. 6455-6476.
16. Kato H., Nishizawa K., Hirakuchi H., Kadokura S., Oshima N., Giorgi F. (2001), "Performance of RegCM2.5/NCAR-CSM Nested System for the Simulation of Climate Change in East Asia Caused by Global Warming", *Journal of the Meteorological Society of Japan* Vol. 79, No. 1, pp. 99-121.
17. Laprise R., Caya D., Giguère M., Bergeron G., Côté H., Blanchet J.-P., Boer G. J., McFarlane N. (1998), "Climate and Climate Change in Western Canada as Simulated by the Canadian Regional Climate Model", *Atmos.-Ocean* Vol. 36 (2), pp. 119-167.
18. Leung L.R., Ghan S.J. (1999), "Pacific Northwest climate sensitivity simulated by a regional climate model driven by a GCM", *J. Climate* Vol. 12, Part I: pp.2010-2030., Part II: pp. 2031-2053.
19. Machenhauer B., Windelband M., Botzet M., Jones R. and Déqué M. (1996), Validation of present-day regional climate simulations over Europe: Nested LAM and variable resolution global model simulations with observed or mixed layer ocean boundary conditions, MPI Reprot No. 191, MPI, Hamburg, Germany.
20. Machenhauer B., Windelband M., Botzet M., Christensen J.H., Deque M., Jones R., Ruti P.M., Visconti G. (1998), Validation and analysis of regional present-day climate and climate change simulations over Europe, MPI Report (275), MPI, Hamburg, Germany.
21. McGregor J.L. (1997), "Regional climate modelling", *Meteorology and Atmospheric Physics* Vol. 63, pp. 105-117.

22. McGregor J.L., Katzfey J.J., Nguyen K.C. (1998), *Fine resolution simulations of climate change for southeast Asia. Final report for a Research Project commissioned by Southeast Asian Regional Committee for START (SARCS), Aspendale, Vic., CSIRO Atmospheric Research, Vol. VI (15).*
23. Noguer M., Jones R.G., Murphy J. (1998), "Sources of systematic errors in the climatology of a nested regional climate model over Europe", *Clim. Dyn.* Vol. 14, pp. 691-712.
24. Paeth H., Hense A. (2004), "SST versus climate change signals in West African rainfall: 20th century variations and future projections", *Clim Change* Vol. 65, pp. 179-208.
25. Sass B.H., Christensen J.H. (1995), "A simple framework for testing the quality of atmospheric limited area models", *Mon. Weather. Rev.*, Vol. 123, pp. 444-459
26. Xie P., Arkin P.A. (1996), "Global precipitation: a 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs", *Bull. Amer. Meteor. Soc.* Vol. 78, pp. 2539-2558.
27. WMO (2002), "Public Weather Service. Supplementary Guidelines on performance assessment of public weather services". World Meteorological Organization 2002 PWS-7. WMO/TD No. 1103.