

ĐỘ NHẠY CẢM CỦA KÍCH THƯỚC MIỀN LƯỚI TÍNH ĐẾN MÔ HÌNH HẢI DƯƠNG KHU VỰC KHI NÂNG ĐỘ PHÂN GIẢI 1 CHIỀU TỪ KẾT QUẢ CÓ ĐỘ PHÂN GIẢI THẤP CỦA MÔ HÌNH HẢI DƯƠNG TOÀN CẦU

Phạm Văn Sỹ⁽¹⁾, Jin Hwan Hwang⁽²⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

⁽²⁾Trường Đại học Quốc gia Seoul, Hàn Quốc

Ngày nhận bài 15/8/2018; ngày chuyển phản biện 16/8/2018; ngày chấp nhận đăng 5/9/2018

Tóm tắt: Nghiên cứu này đánh giá tác động của kích thước miền lưới tính tới kết quả của mô hình hải dương khu vực (ORCMs) khi nâng độ phân giải 1 chiều từ kết quả có độ phân giải thấp của mô hình hải dương toàn cầu (OGCMs). Trong nghiên cứu này, phương pháp “Big-Brother Experiment” được áp dụng để đánh giá ảnh hưởng của kích thước miền lưới tính đến kết quả của ORCMs. Trong đó, dữ liệu giả định kết quả của mô hình hải dương toàn cầu được tạo ra từ mô hình hải dương khu vực chạy cho miền lưới tính có kích thước đủ lớn với độ phân giải cao. Sóng có quy mô nhỏ từ kết quả đầu ra của miền lưới tính lớn được loại bỏ, sau đó được sử dụng để cung cấp điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho miền lưới tính nhỏ hơn và nằm trong miền lưới tính của dữ liệu giả định, với cùng độ phân giải và mô hình hải dương khu vực. Dữ liệu mô phỏng của miền lưới tính nhỏ sau đó được so sánh với kết quả của miền lưới tính lớn trong khoảng kích thước của miền lưới tính nhỏ. Kết quả cho thấy mô hình hải dương khu vực khá nhạy với kích thước của miền lưới tính. Chất lượng kết quả của mô hình hải dương khu vực tốt lên khi tăng kích thước của miền lưới tính. Kích thước miền lưới tính tối ưu của ORCMs bằng từ 1/10 tới 1/2 kích thước miền lưới tính của OGCMs.

Từ khóa: Mô hình hải dương khu vực, phương pháp Big-Brother, kích thước miền lưới tính, nhạy cảm

1. Mở Đầu

Mô hình hải dương khu vực (ORCMs) là một công cụ hữu ích mô phỏng các trường hải dương ở quy mô khu vực nhỏ và ven biển thông qua việc nâng cao độ phân giải bằng phương pháp thủy động lực học từ kết quả có độ phân giải thấp của mô hình hải dương toàn cầu (OGCMs) [2, 7]. ORCMs sử dụng các trường thông tin có quy mô lớn, biến đổi theo thời gian từ kết quả của OGCMs như là trường vận tốc, độ cao mặt nước biển, nhiệt độ và độ muối cho điều kiện biên và ban đầu để tính toán và mô phỏng các trường dòng chảy và vật chất trong khu vực nhỏ, nhưng chạy với miền lưới tính có độ phân giải cao [9, 10]. Quy trình này được biết đến là phương pháp nâng cao độ phân giải 1 chiều. Quy trình nâng cao độ phân giải 1 chiều này sẽ làm

nảy sinh nhân tố mới có thể tác động mạnh mẽ đến kết quả mô phỏng của ORCMs, đó là kích thước miền lưới tính [15]. Kích thước miền lưới tính tạo ra “vùng đệm” (buffer zone) để giảm nhiễu động do sai số sinh ra từ vùng biên truyền vào bên trong miền lưới tính [4, 16]. Nội dung chính của nghiên cứu nhằm làm sáng tỏ một số vấn đề sau:

1. Kích thước của miền lưới tính tác động đến kết quả của mô hình ORCMs như thế nào?

2. Kích thước miền lưới tính như thế nào là tối ưu cho mô hình ORCMs khi nâng cao độ phân giải bằng phương pháp thủy động lực học 1 chiều từ kết quả của mô hình OGCMs có độ phân giải thưa?

2. Phương pháp

2.1 Cấu trúc (Big-Brother Experiment) và phương pháp đánh giá

Nghiên cứu áp dụng phương pháp Big-Brother Experiment (BBE) [4] để đánh giá độ

Liên hệ tác giả: Phạm Văn Sỹ
Email: phamsytm@gmail.com

nhạy cảm của kích thước miền lưới tính tới kết quả của mô hình hải dương khu vực. Cấu trúc của phương pháp BBE được miêu tả trong Hình 1. Trước tiên, BBE sử dụng mô hình hải dương khu vực để mô phỏng cho miền lưới tính rộng lớn, với độ phân giải cao, được gọi là “miền anh” (MA). Tiếp đến, tất cả sóng có quy mô nhỏ (small scales) của MA được loại bỏ hoàn toàn thông qua bộ lọc (low-pass filter). Sau khi loại bỏ sóng có quy mô nhỏ, độ phân giải của MA trở nên thấp hơn, và được sử dụng để cung cấp điều kiện biên và ban đầu cho cùng loại mô hình hải dương khu vực có cùng độ phân giải cao như MA trước khi loại bỏ quy mô nhỏ, nhưng kích thước miền lưới tính nhỏ hơn và nằm trong miền lưới tính lớn của MA, được gọi là “miền em” (ME). Chú ý rằng ME sử dụng kết quả của MA sau khi loại bỏ sóng có quy mô nhỏ cho điều kiện biên và điều kiện ban đầu, tựa như sử dụng kết quả của mô hình hải dương toàn cầu với độ phân giải thấp.

Phương pháp này có nhiều ưu điểm trong việc loại bỏ sai số từ chính bản thân mô hình hải dương khu vực, cũng như hạn chế của dữ liệu quan trắc trong việc hiệu chỉnh và kiểm nghiệm kết quả mô hình. Ngoài ra, các trường mô phỏng của ME có thể dễ dàng đối chiếu và so sánh với MA ban đầu (trước khi loại bỏ sóng quy mô nhỏ) bởi chúng có cùng độ phân giải lưới tính. Chính vì thế sự khác nhau của kết quả mô hình giữa ME và MA là chỉ do các yếu tố liên quan đến quy trình nâng cao độ phân giải gây ra, chứ không phải do sai số từ mô hình hay từ kết quả quan trắc.

Tác động của kích thước miền lưới tính được đánh giá dựa trên biểu đồ “Taylor diagram” thông qua 3 chỉ số thống kê bao gồm độ lệch chuẩn (Standard Deviation-SDS) (độ giống nhau của kết quả mô phỏng của ME và MA), hệ số tương quan (correlation coefficient-COR), và độ lệch sai số toàn phương trung bình trung tâm (Center Root Mean Squared Different-CRMSD) (độ lớn của sai số) [14]. Biểu đồ “Taylor diagram” có thể dễ dàng thể hiện các chỉ số thống kê trên đồ thị 2 chiều. Sự kết hợp thông tin của các chỉ số thống kê có thể dễ dàng đánh giá sự tương quan, khác nhau của độ lệch chuẩn và sai số

khác nhau giữa ME và MA.

Các biến kết quả của mô hình 4 chiều $\phi = \phi(i, j, k, t)$ theo không gian (i, j, k) và thời gian (t) bao gồm nhiệt độ, độ muối và xoáy theo chiều thẳng đứng. Trung bình theo không gian của biến ϕ được tính toán như sau:

$$\langle \phi \rangle = \frac{\sum_{i,j,k} \phi_{i,j,k}}{N} \quad (1)$$

Trong đó N là tổng số điểm lưới của miền lưới tính ME. SDSs trong mỗi miền lưới tính được tính như công thức dưới đây:

$$SDS_E = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\langle \phi_{t,E} \rangle - \overline{\langle \phi_{t,E} \rangle} \right)^2} \quad (2a)$$

$$SDS_A = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\langle \phi_{t,A} \rangle - \overline{\langle \phi_{t,A} \rangle} \right)^2} \quad (2b)$$

T là tổng số bước thời gian mô phỏng, các chỉ số dưới E và A lần lượt miêu tả ME- và MA. Hệ số tương quan là:

$$COR = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{\left(\langle \phi_{t,A} \rangle - \overline{\langle \phi_{t,A} \rangle} \right) \left(\langle \phi_{t,E} \rangle - \overline{\langle \phi_{t,E} \rangle} \right)}{SDS_A SDS_E}$$

CRMSD được định nghĩa như sau:

$$CRMSD = \sqrt{E^2 - E^2} \quad (4)$$

Trong đó RMSD (E) giữa ME và MA là:

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\langle \phi_{t,A} \rangle - \langle \phi_{t,E} \rangle \right)^2}$$

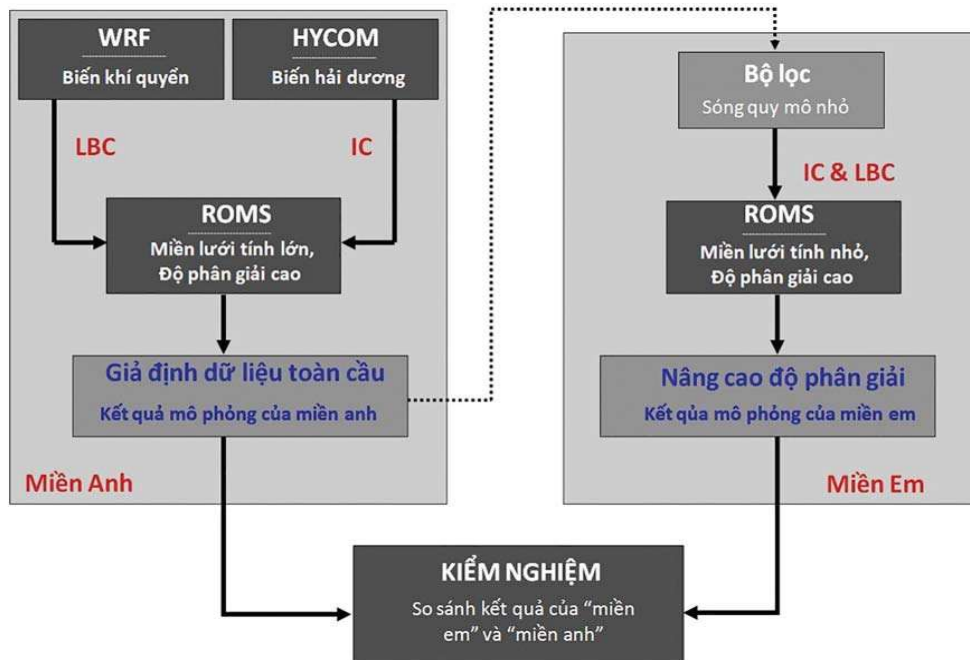
Quan hệ giữa các yếu tố trên được chỉ ra như sau:

$$CRMSD^2 = SDS_A^2 + SDS_E^2 - 2SDS_A \times SDS_E \times COR \quad (6)$$

2.2. Thiết lập mô hình

Mô hình hải dương khu vực được áp dụng trong nghiên cứu là ROMS (Regional Ocean Modeling System). ROMS giải phương trình Reynolds-averaged Navier-Stokes equations với điều kiện xấp xỉ Boussinesq và cân bằng thủy tĩnh theo phương thẳng đứng [3]. Chi tiết về miêu tả đặc điểm và các hệ phương trình của ROMS có thể tham khảo trong [6, 9, 12].

Cấu trúc biên mở được sử dụng là loại biên “radiation”, có thể xử lý tốt trong trường hợp



Hình 1. Sơ đồ mô tả phương pháp BBE: IC là điều kiện ban đầu; BC là điều kiện biên; BC và IC cung cấp cho MA được lấy từ mô hình hải dương toàn cầu HYCOM.

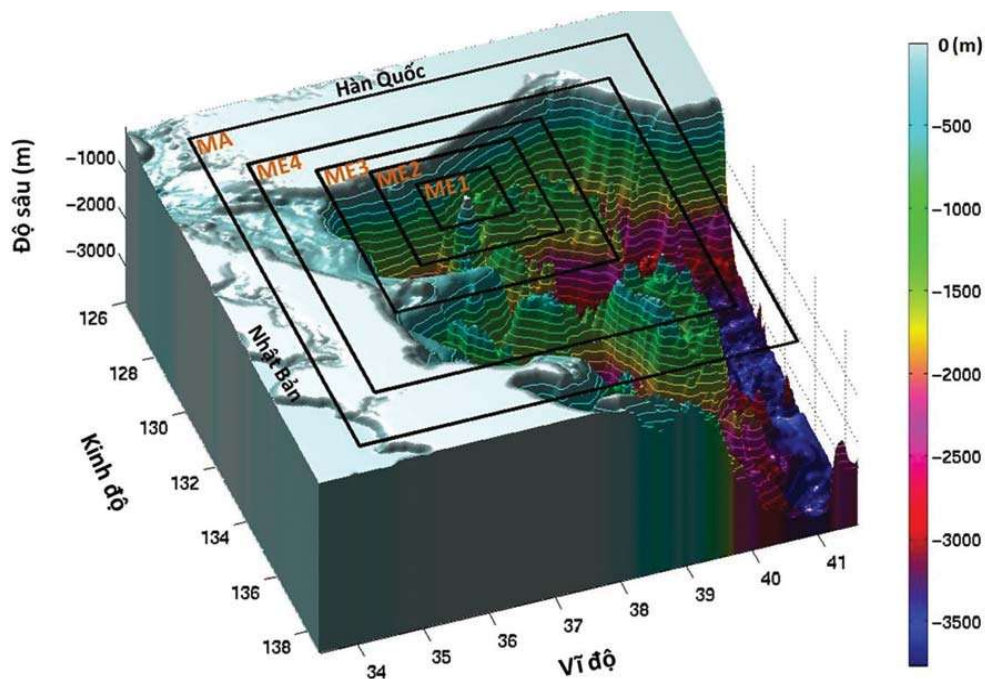
dòng chảy vào và ra khỏi miền lưới tính ở mọi góc độ. Biên “radiation” được đánh giá cao và sử dụng nhiều trong các mô hình hải dương khu vực [9, 13]. Mô hình rối cho tính toán nhớt rối và khuếch tán rối được áp dụng là K-profile parameterization [8]). Điều kiện ban đầu được cung cấp cho toàn miền lưới tính chỉ tại thời điểm đầu tiên của quá trình mô phỏng, còn điều kiện biên được cập nhật tại mỗi bước thời gian.

Thời gian mô phỏng trong nghiên cứu khoảng 30 ngày trong năm 2011 (từ 28/1 ~ 28/2/2011), cho khu vực biển phía Đông của Hàn Quốc. MA sử dụng các biến hải dương bao gồm nhiệt độ, độ muối, vận tốc dòng chảy và độ cao của mặt nước biển của đầu ra mô hình hải dương toàn HYCOM, là số liệu sẵn có trên trang web của the Center for Ocean-Atmospheric Prediction Studies (COAPS, <http://hycom.coaps.fsu.edu/thredds/catalog.html>). Các biến hải dương này có độ phân giải $1/12^\circ \times 1/12^\circ$ (~9 km), với 33 lớp độ sâu (0 - 5,5 km) trong tọa độ z, với thời gian cập nhật 24 tiếng (chi tiết dữ liệu được miêu tả trong COAPS and Metzger et al. (2008).

Dữ liệu khí tượng được cung cấp từ mô hình WRF, nâng cao độ phân giải từ dữ liệu phân tích toàn cầu có độ phân giải $1^\circ \times 1^\circ$, cập nhật với

thời gian 6 tiếng. Độ phân giải của lưới tính WRF giống với độ phân giải của mô hình hải dương để tránh lỗi phát sinh trong quá trình nội suy. Các biến khí quyển bao gồm: Tốc độ gió tại 10 m, áp suất khí quyển, nhiệt độ không khí, mưa, độ ẩm không khí và bức xạ sóng ngắn và dài,...

Để đánh giá ảnh hưởng của kích thước miền lưới tính đến kết quả của mô hình hải dương khu vực khi nâng cao độ phân giải từ kết quả có độ phân giải thấp của mô hình hải dương toàn cầu, bốn miền tính con với các kích thước lưới tính khác nhau được thực hiện bao gồm ME1, ME2, ME3 và ME4, với lần lượt các chỉ số điểm lưới tính là 25×21 , 51×41 , 78×64 và 125×104 . Bốn miền lưới tính có cùng độ phân giải với MA với độ phân giải 6 km x 6 km. Kích thước miền lưới tính của MA bao quát toàn bộ 4 miền lưới tính nhỏ với chỉ số điểm lưới tính là 168×126 (Hình 2) và (Bảng 1). Cả MA và ME chạy với 30 lớp độ sâu theo hệ tọa độ lưới tính S, là hệ tọa độ không tuyến tính trong địa hình biển đổi, linh động trong hiệu chỉnh độ phân giải của lưới tính theo địa hình [6]. Dữ liệu địa hình được trích xuất từ ETOPO1, là dữ liệu địa hình toàn cầu có độ phân giải $1'$ [1]. Thời gian cập nhật số liệu tại điều kiện biên cho ME từ MA là 10 phút, bằng với chỉ số bước thời gian chạy của bốn MEs.



Hình.2. Bản đồ địa hình 3D và kích thước miền lưới tính của MA và 4 miền lưới tính em ME1, ME2, ME3 và ME4

Bảng 1. Bảng miêu tả kích thước miền lưới tính của MA và 4 miền lưới tính em MEs

Loại miền lưới tính	Độ phân giải	Số điểm lưới (x&y)	Kích thước miền lưới (km)	Tỷ lệ diện tích của các miền lưới con MEs /ME1
ME1	6x6 km	25x21	150x126	1
ME2	6x6 km	51x41	306x246	~4
ME3	6x6 km	78x64	468x384	~9,5
ME4	6x6 km	125x126	750x624	~25
MA	6x6 km	168x126	1008x756	

Hai trường hợp được áp dụng trong nghiên cứu bao gồm: (1) Trường hợp “đặc biệt”, là kết quả của đầu ra có độ phân giải cao của mô hình MA sẽ trực tiếp được sử dụng để cung cấp điều kiện biên và đầu vào cho 4 miền lưới tính “em” MEs. (2) Trường hợp “anh - em”, sóng có quy mô nhỏ trong kết quả đầu ra có độ phân giải cao của mô hình MA sẽ bị loại bỏ để trở thành kết quả có độ phân giải thấp (Hình 1), rồi sau đó dùng để cung cấp điều kiện biên và

đầu vào cho 4 miền lưới tính “em” (Bảng 2). Dữ liệu trong trường hợp “MA” sau khi đã loại bỏ quy mô nhỏ giống hệt như dữ liệu có độ phân giải thấp từ mô hình hải dương toàn cầu cung cấp cho 4 miền lưới tính “em”. Bộ lọc để loại bỏ sóng quy mô nhỏ được dùng trong nghiên cứu là từ DCT (Discrete Cosine Transform) [5], phương pháp có thể dễ dàng kiểm soát độ dài sóng và loại bỏ dữ liệu sóng có quy mô nhỏ.

Bảng 2. Bảng miêu tả các trường hợp được thiết lập để đánh giá ảnh hưởng của kích thước miền lưới tính đến kết quả của ORCMs

TT	Loại trường hợp	Độ phân giải của MA	Tỷ lệ độ phân giải giữa MA và MEs
1	Đặc biệt	6x6 km	1
2	Anh em	18x18 km	3 (loại bỏ sóng ≤ 36km)

Tỷ lệ độ phân giải giữa MA và 4 miền tính con MEs là 3, được tính theo công thức sau:

$$J = \frac{\ell_{MA}}{\ell_{ME}}$$

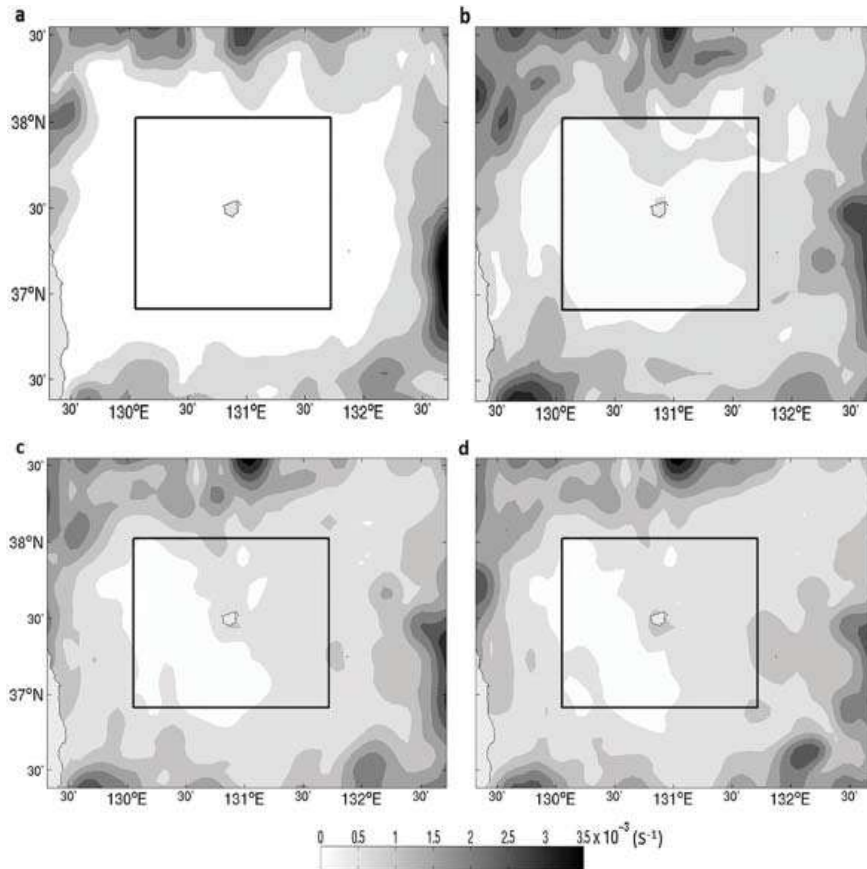
Trong đó, ℓ_{MA} là độ dài sóng cần loại bỏ từ MA; ℓ_{ME} là độ dài sóng nhỏ nhất mô phỏng trong ME. Độ dài sóng nhỏ nhất được định nghĩa bằng 2 lần độ phân giải của lưới tính. Ví dụ, độ phân giải lưới tính của ME là 6 km, ℓ_{ME} là 12 km; độ phân giải của MA trước khi loại bỏ dữ liệu quy mô nhỏ là 6 km, nếu muốn MA có độ phân giải lưới tính thưa hơn chẳng hạn 18 km, thì độ dài các sóng cần loại bỏ phải nhỏ hơn 36 km; như thế tỷ lệ độ phân giải của chúng sẽ là $J = 3$.

Trong nghiên cứu, vùng quan tâm cần phân tích có kích thước trùng với kích thước miền lưới tính của ME1. Miền lưới tính của ME2 tới ME3 lớn hơn kích thước của vùng quan tâm, và tạo ra vùng đệm (được tính từ biên mở của miền lưới tính “em” tới mép ngoài của vùng quan tâm) để ngăn cản nhiễu động phát sinh từ biên mở đi

vào vùng trung tâm.

3. Kết quả

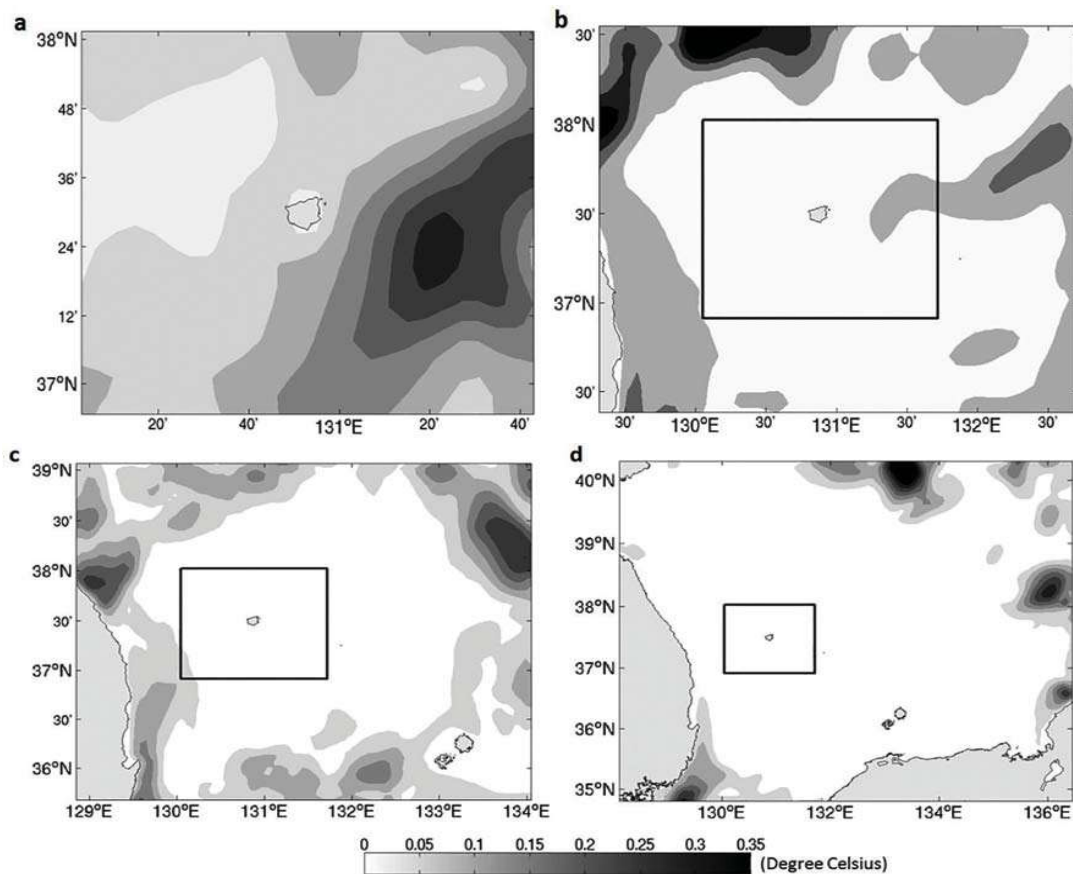
Hình 3 miêu tả CRMSD trung bình theo độ sâu của xoáy theo chiều thẳng đứng (z-vorticity) giữa ME2 và MA sau 30 ngày mô phỏng. Đường kẻ hình vuông màu đen miêu tả vùng cần quan tâm. Kết quả cho thấy sau 1 ngày mô phỏng (Hình 3a), không có bất cứ sai số nào xuất hiện trong vùng quan tâm, trong khi đó sai số hình thành và xuất hiện dọc đường biên mở (open boundary). Cách xa biên, độ lớn của sai số giảm dần. Sai số xuất hiện dọc biên mở do chính loại biên ứng dụng trong mô hình gây ra vì hầu như tất cả các loại biên được áp dụng hiện nay chưa hoàn hảo và sinh ra sai số, những sai số này truyền vào trung tâm miền lưới tính theo thời gian. Trong khi đó dọc biên kín không có sai số nào xuất hiện. Sau 10 ngày mô phỏng, sai số từ vùng dọc biên mở truyền đến vùng quan tâm và chúng dần dần tăng cả về giá trị lẫn độ bao phủ sau 20 và 30 ngày mô phỏng (Hình 3b, c và d).



Hình 3. CRMSD trung bình theo độ sâu của xoáy theo chiều thẳng đứng giữa ME2 và MA sau 1 ngày tới 30 ngày mô phỏng. (a) 1 ngày, (b) 10 ngày, (c) 20 ngày, và (d) 30 ngày

Ảnh hưởng của kích thước miền lưới tính tới kết quả của ORCMs được thể hiện rõ nét khi phân tích CRMSD của biến nhiệt độ sau 30 ngày mô phỏng giữa kết quả của MA và kết quả của 4 trường hợp miền lưới tính em MEs. Như đã được đề cập đến trong các nghiên cứu trước đây, kích thước miền lưới đóng vai trò như thông số đệm tác động tích cực tới chất lượng kết quả của mô hình [15] và nó có thể tạo ra một vùng đệm ngăn cản và giảm thiểu sai số từ biên truyền đến vùng quan tâm [16]. Bởi vậy, ME1 không có vùng đệm (kích thước lưới tính bằng với kích thước vùng quan tâm), nên sai số xuất hiện gần như toàn bộ trong toàn vùng quan tâm (Hình 4 (a)). Trong khi đó sai số xuất hiện ít hơn trong vùng quan tâm với các kích thước miền

lưới tính lớn hơn ME2 (Hình 4 (b)) và ME3 (Hình 4 (c)). Trong trường hợp miền lưới tính lớn nhất ME4, không có sai số xuất hiện trong vùng quan tâm bởi sai số truyền từ dọc biên mở vẫn chưa truyền tới vùng quan tâm (Hình 4 (d)). Tốc độ truyền sai số có thể được tính toán bằng khoảng cách giữa biên mở của miền lưới tính và mép ngoài của vùng quan tâm, và chia cho thời gian của sai số khi bắt đầu tiếp cận mép ngoài vùng quan tâm. Tốc độ truyền sai số này phụ thuộc vào tốc độ của dòng chảy qua biên mở vào trong miền lưới tính, và loại biến mô phỏng (nhiệt độ, độ muối, xoáy). Trung bình tốc độ của sai số lan truyền cho xoáy theo chiều thẳng đứng, nhiệt độ và độ muối lần lượt là 0,124 m/s, 0,041 m/s và 0,049 m/s.



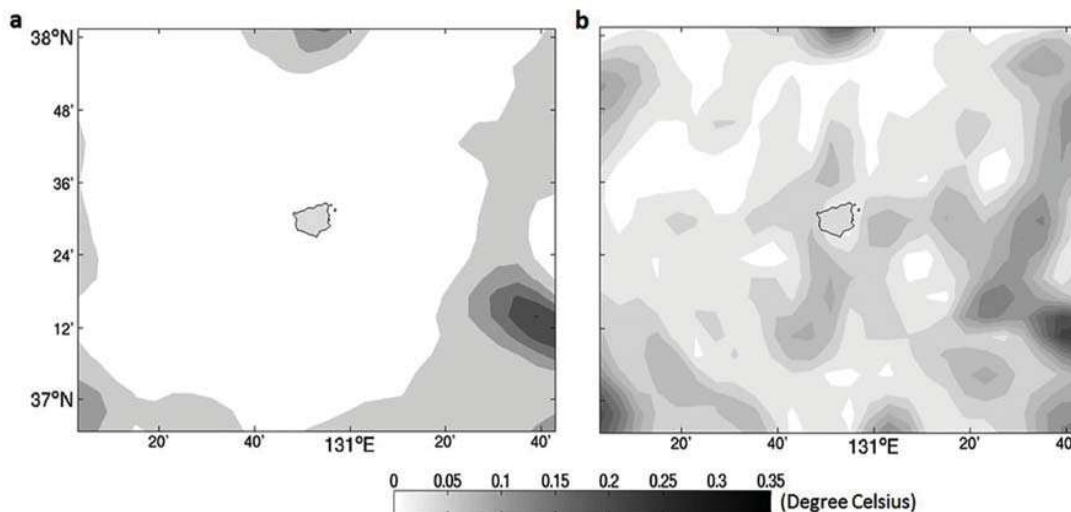
Hình 4. CRMSD của trung bình nhiệt độ theo độ sâu giữa MA và 4 miền lưới tính sau 30 ngày mô phỏng. (a) ME1, (b) ME2, (c) ME3 và (d) ME4.

Hình 5 là CRMSD của trung bình nhiệt độ theo độ sâu giữa MA và ME1 sau 1 ngày mô phỏng trong trường hợp “đặc biệt” (Hình 5a) và “anh em” (Hình 5b). Trong trường hợp “anh em”, sai số xuất hiện toàn bộ vùng quan tâm, trong khi

đó chỉ một số sai số xuất hiện dọc mép ngoài cùng của vùng quan tâm trong trường hợp “đặc biệt”. Sai số xuất hiện nhiều hơn trong trường hợp “anh em” so với trường hợp “đặc biệt” là do phần lớn nhiễu động được sinh ra trong quá

trình tạo ra sóng có quy mô nhỏ (small scale generation). Ngoài ra giá trị độ lớn của sai số dọc biên mở trong trường hợp “anh em” cũng cao hơn so với trường hợp “đặc biệt”, đó là

bởi vì trường hợp “anh em” ảnh hưởng nhiều sai số từ biên hơn trường hợp đặt biệt do mất nhiều thông tin của dữ liệu cung cấp từ điều kiện biên.



Hình 5. CRMSD của trung bình nhiệt độ theo độ sâu giữa MA và ME1 sau 1 ngày mô phỏng. (a) trường hợp “Đặt biệt”, (b) “Anh em”

Hình 6 và Hình 7 là Taylor diagrams của các biến mô phỏng bao gồm nhiệt độ, độ muối và xoáy theo chiều thẳng đứng cho trường hợp “đặt biệt” và “anh em”. Kết quả cho thấy ORCMs mô phỏng tốt hơn với miền kích thước lưới tính lớn hơn cho toàn bộ biến mô phỏng. Các biến mô phỏng của miền lưới tính lớn hơn có độ tương quan lớn hơn, ít sai số và có độ lệch chuẩn gần sát hơn MA. ME1 và ME2 có hệ số tương quan lần lượt là 0,9 và 0,7, nhỏ hơn so với ME3 có hệ số tương quan lớn hơn 9,9. Như dự đoán, ME4, miền lưới tính lớn nhất, có kết quả tốt nhất. Hệ số tương quan đạt gần 1, chỉ số sai số gần bằng 0. Tuy nhiên, mặc dù ME4 có kết quả tốt, nhưng sự tốt hơn này không chênh lệch nhiều so với ME3. Ngược lại ME4 lại có lượng điểm lưới tính toán lớn hơn ME3 1,4 lần, và yêu cầu thời gian tính toán và dung lượng bộ nhớ hơn rất nhiều ME3.

Dựa trên kết của ORCMs cho cả hai trường hợp “đặt biệt” và “anh em”, và yêu cầu của máy tính bao gồm tốc độ và dung lượng lưu trữ dữ liệu, kích thước miền lưới tính tối ưu của mô hình hải dương khu vực có thể được lựa chọn trong trường hợp này là khoảng 9,5 lần lớn hơn vùng quan tâm (ME3). Trung bình khoảng cách vùng đệm tính từ biên mở và mép ngoài vùng quan tâm là 140 km. Kích thước miền lưới lựa

chọn trên có thể thay đổi phụ thuộc vào tổng thời gian mô phỏng và độ lớn của dòng chảy từ biên vào vùng tâm.

4. Kết luận

Mục đích của nghiên cứu là đánh giá ảnh hưởng của kích thước miền lưới tính tới kết quả của mô hình hải dương khu vực khi nâng cao độ phân giải từ kết quả mô hình hải dương toàn cầu. Phương pháp đặc biệt (BBE) sử dụng cùng mô hình hải dương khu vực để tạo ra dữ liệu đầu vào (điều kiện biên và điều kiện ban đầu tương tự như dữ liệu được tạo từ mô hình hải dương toàn cầu) và chạy nâng cao độ phân giải 1 chiều [4]. Phương pháp trên cho phép tách biệt các nguồn ảnh hưởng tới kết quả của mô hình hải dương khu vực với ảnh hưởng của dữ liệu quan trắc cũng như sai số gây ra từ chính mô hình hải dương khu vực. Từ kết quả đã được trình bày trong các phần trên, một số nội dung của kết quả nghiên cứu được tóm tắt như sau:

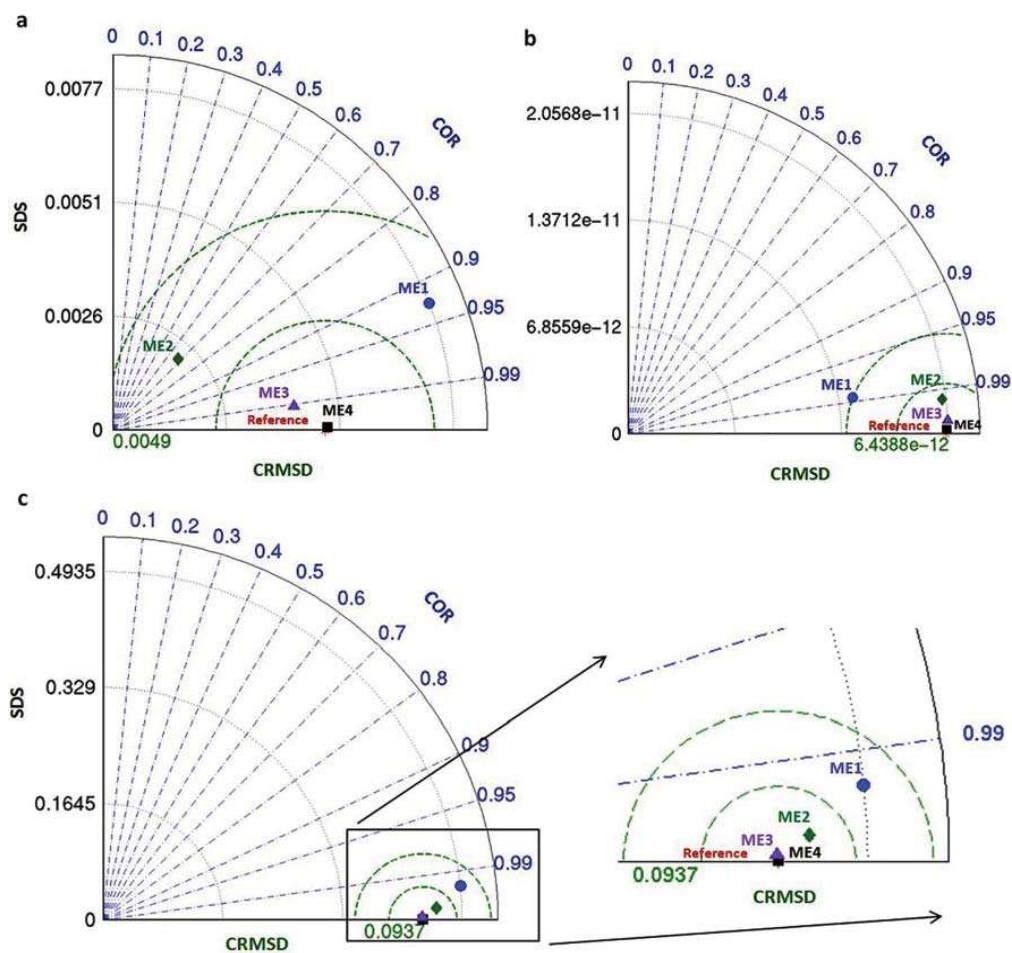
1. Kích thước miền lưới tính ảnh hưởng lớn đến kết quả mô hình hải dương khu vực khi nâng cao độ phân giải từ kết quả có độ phân giải thấp của mô hình hải dương toàn cầu. Tùy thuộc vào kích thước miền lưới tính của mô hình hải dương khu vực, sai số sinh ra từ dọc biên mở, ảnh hưởng tới kết quả mô hình khu vực trong

phạm vi toàn miền lưới tính của mô hình khi nâng cao độ phân giải. Những nhiễu động này sẽ dần phát triển theo thời gian dọc các biên mở và từ từ lan truyền vào trong trung tâm của miền lưới tính “em”.

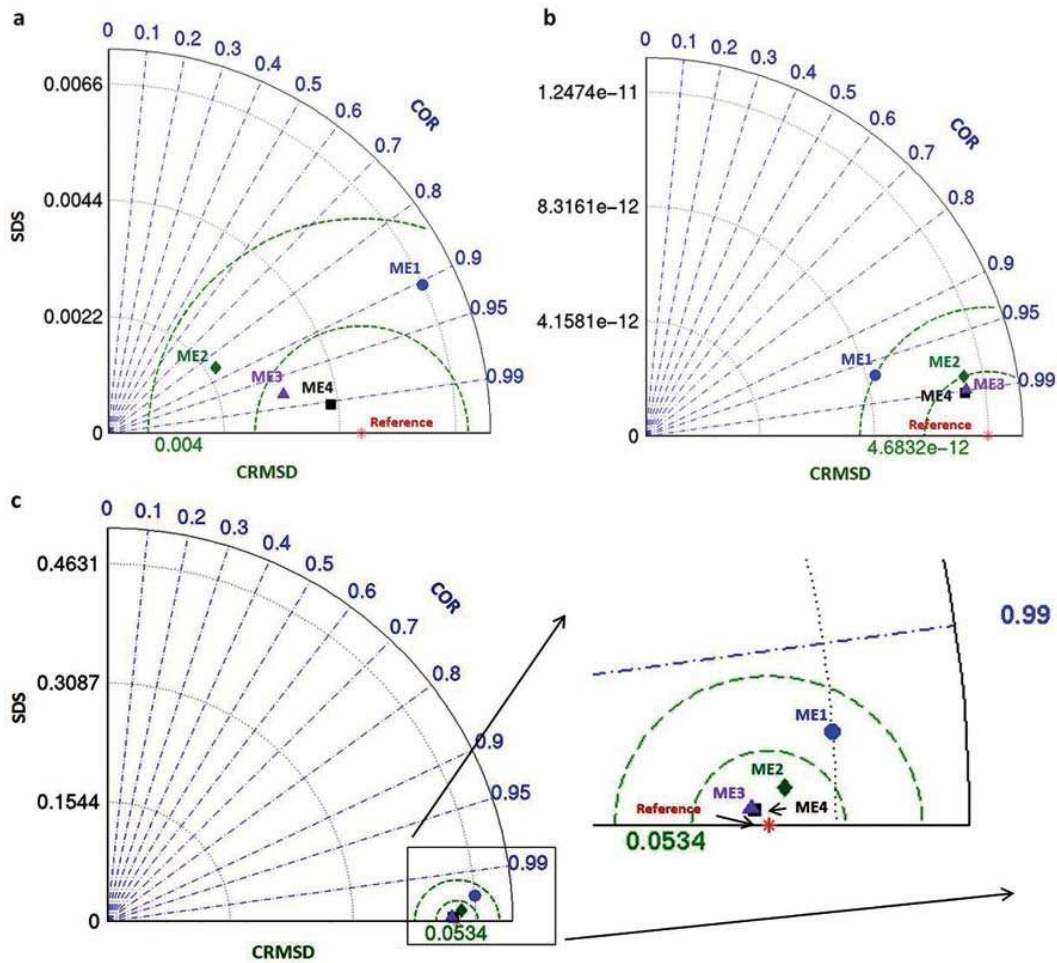
2. Chạy nâng cao độ phân giải trong mô hình hải dương học khu vực với miền lưới tính lớn hơn, các trường mô phỏng bao gồm nhiệt độ, độ muối và xoáy theo chiều thẳng đứng sẽ cho kết quả tốt hơn với chỉ số lượng quan cao, ít sai số hơn và có độ lệch chuẩn gần với độ lệch chuẩn

của MA hơn. Kích thước miền lưới tính tối ưu của hô mình chạy nâng cao độ phân giải của mô hình hải dương khu vực có thể từ 1/10 đến 1/2 kích thước của mô hình hải dương toàn cầu

Nghiên cứu này chỉ sử dụng với một loại mô hình hải dương khu vực (ROMS), duy nhất độ phân giải (6km), và chỉ cho một vùng nghiên cứu khu vực biển phía Đông của Hàn Quốc. Những yếu tố này tác động rất lớn tới kết của nghiên cứu. Do đó, những kết luận trên có thể thay đổi khi tính tới vai trò của các yếu tố trên.



Hình 6. Taylor diagrams miêu tả ảnh hưởng của kích thước miền lưới tính tới các trường mô phỏng cho trường hợp “Đặc biệt”. (a) độ muối, (b) xoáy theo chiều thẳng đứng, và (c) nhiệt độ. Reference miêu tả MA



Hình 7. Taylor diagrams miêu tả ảnh hưởng của kích thước miền lưới tính tới các trường mô phỏng cho trường hợp “anh - em”. (a) độ muối, (b) xoáy theo chiều thẳng đứng, và (c) nhiệt độ.

Reference miêu tả MA

Tài liệu tham khảo

1. Amante, C., Eakins, B.W., (2009), *Etopo1 1 arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis*. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>.
2. Baird, M.E., Macdonald, H.S., Roughan, M., Oke, P.R., (2009), *Downscaling an eddy-resolving global ocean model for the continental shelf off southeast Australia*. Submitted to the Ocean Modelling.
3. Cambon, G., Marchesiello, P., Penven, P., Debreu., L., (2014), *ROMS_AGRIF User Guide*. http://www.romsagrif.org/index.php/documentation/ROMS_AGRIF-User-Guide.
4. Denis, B., Laprise, R., Caya, D., Côté, J., (2002a), *Downscaling ability of one-way nested regional climate model: the Big-Brother Experiment*. *Climate Dynamics* 18: 627-646. DOI 10.1007/s00382-001-0201-0.
5. Denis, B., Côté, J., Laprise, R., (2002b), *Spectral decomposition of two-dimensional atmospheric fields on limited-area domains using the discrete cosine transform (DCT)*. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 1812-1829.
6. Hedstrom, K.S., (2009), *Draft technical manual for a couple sea-ice/ocean circulation model*

(version 3). U.S. Department of the Interior Minerals Management Service Anchorage, Alaska. Contract No. M07PC13368.

7. Herbert, G., Garreau, P., Garnier, V., Dumas, F., Cailleau, S., Chanut, J., Levier, B., Aznar, R., (2014), *Downscaling from oceanic global circulation model towards regional and coastal model using spectral nudging techniques: application to the Mediterranean sea and IBI area models*. *Mercator Ocean – Quarterly Newsletter*.
8. Large, W.G., McWilliams, J.C., Doney, S.C., (1994), *Ocean vertical mixing: A review and a model with a nonlocal boundary layer parameterization*. *Reviews of Geophysics*, 32, 363-403.
9. Marchesiello, P., McWilliams, J.M., Scchepetkin, A., (2001), *Open boundary conditions for long-term integration of regional oceanic models*. *Ocean Modelling* 3, 1-20.
10. Mcdoland, A., (1999), *A review of lateral boundary conditions for limited area forecast models*. *PINSA*, 65, A, No.1, pp. 91-105.
11. Metzger, E.J., Hurlburt, H.E., Wallcraft, A.J., Chassignet, E.P., Cummings, J.A., Smedstad, O.M., (2008), *Global Ocean Prediction Using HYCOM*, *HPCMP Users Group Conference*, pp. 271–274.
12. Penven, P., Cambon, G., Tan, T.A., Marchesiello, P., Debreu, L., (2010), *ROMS_AGRIF/ROMSTOOLS user's guide*. *Institut de Recherche pour le Développement (IRD)*.
13. Raymond, W.H., Kuo, H.L., (1984), *A radiation boundary condition for multidimensional flows*. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 110, 535-551.
14. Taylor, K.E., (2001), *Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram*. *Geophys. Res.*, 106, 7183-7192.
15. Vannitsen, S., Chome, F., (2004), *One-way nested regional climate simulations and domain size*. *J. Clim.*
16. Warner, T.T., Peterson, R.A., Treadon, R.E., (1997), *A tutorial on lateral boundary conditions as a Basic and potentially serious limitation to regional numerical weather prediction*. *Bull Am Meteorol Soc* 78: 25-2617.

THE SENSITIVITY OF THE ONE-WAY NESTED OCEAN REGIONAL CIRCULATION MODEL TO DOMAIN SIZE

Pham Van Sy⁽¹⁾, Jin Hwan Hwang⁽²⁾

⁽¹⁾Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

⁽²⁾Seoul National University, Korea

Received: 12/8/2018; Accepted 20/8/2018

Abstract: *This research evaluated the impact of domain size on the results of the ocean regional circulation model (ORCMs) during downscaling and nesting the results from the ocean global circulation model (OGCMs). The Big-Brother experiment was applied to investigate the effect of domain size on the results of the ORCMs. In which, the virtual ocean global circulation models (V-OGCMs) data was created by using the ORCMs to simulate for large region in high resolution. This reference simulation are then used to drive the same nested ORCMs, integrated at the same high resolution as the V-OGCMs, but over several smaller domains that are embedded in the V-OGCMs. The diagnostic variables of the smaller domain sizes are then compare with those of the V-OGCMs over the interested area. The results showed that the ORCMs is sensitive to domain size. The quality of ORCMs results increase with increasing the size of domain. The optimal domain size of the ORCMs is from 1/10 to 1/2 of OGCMs domain size.*

Keywords: *ORCMs, Big-Brother, domain size, sensitivity.*