

NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM CHUYỂN DỊCH VỎ TRÁI ĐẤT THEO THỜI GIAN, LÂN CẬN CHẤN TÂM ĐỘNG ĐẤT SUMATRA 26-12-2004 TỪ SỐ LIỆU IGS

VY QUỐC HẢI

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với số liệu của các điểm IGS đo liên tục (permanent) phân bố xung quanh chấn tâm có thể xác định được chuyển dịch vỏ Trái Đất do động đất gây ra. Trong [2, 3] số liệu GPS của các điểm COCO, BAKO, NTUS và SAMP của các ngày trong năm (Day Of Year - DOY) 336, 358, 360 năm 2004 (trước động đất) ngày 025 năm 2005 (sau động đất) đã được xử lý bằng phần mềm GPSurvey 2.35. Kết quả xử lý đã cho thấy :

- Từ số liệu các điểm IGS hoàn toàn xác định được chuyển dịch của các điểm BAKO, NTUS, SAMP, với xác suất lớn các chuyển dịch này do động đất gây ra.

- Đặc điểm chuyển dịch của các điểm phù hợp với các kết quả của M. Hasimoto [4] và mô hình của S. Koshimura [5] cả về độ lớn cũng như hướng chuyển dịch.

- Chuyển dịch của điểm NTUS và SAMP chia làm hai giai đoạn : trước động đất vector chuyển dịch có tính ly tâm, sau động đất các điểm chuyển dịch về chấn tâm với biên độ lớn hơn hẳn.

- Vì mới chỉ xử lý số liệu của bốn ngày đo đặc trưng, các nhận xét trên chỉ nên coi là kết quả bước đầu. Bởi vậy, bài báo cũng kiến nghị tiếp tục nghiên cứu chuyển dịch vỏ Trái Đất theo hướng khai thác và xử lý số liệu theo chuỗi thời gian dài hơn trước và sau động đất, mở rộng không gian, xử lý số liệu theo các phần mềm khác.

Dịp này, như một bước tiếp tục các kết quả trước và thực hiện một trong các kiến nghị trên, một khối lượng lớn số liệu các điểm COCO, BAKO, NTUS và SAMP đã được khai thác trong khoảng thời gian dài hơn bao trùm cả trước và sau động đất. Các số liệu này sẽ được xử lý nhằm xác định tọa độ các điểm, từ đó sẽ tính toán chuyển dịch và xác lập các đặc

điểm của chuyển dịch vỏ Trái Đất theo thời gian. Với hy vọng các đặc điểm này (đặc biệt ở giai đoạn trước động đất) góp phần hữu ích cho các nghiên cứu liên quan tới cảnh báo và dự báo động đất.

II. SỐ LIỆU VÀ CÁC QUAN ĐIỂM XỬ LÝ

Số liệu được khai thác và xử lý là số liệu GPS hai tần số của các trạm IGS lân cận chấn tâm cụ thể là các điểm COCO, BAKO, NTUS và SAMP. Tuy vậy, để có thể nghiên cứu đặc điểm chuyển dịch vỏ Trái Đất liên quan tới quá trình hình thành động đất và sau động đất, số liệu phải được khai thác trong khoảng thời gian đủ dài để có thể thể hiện được tính quy luật của chuyển dịch.

Vì vậy, số liệu từ ngày 300 (DOY năm 2004, trước động đất 61 ngày) đến ngày 025 (DOY năm 2005 sau động đất 31 ngày) đã được khai thác. Số liệu các điểm IGS ở dạng nén, sau khi giải nén nhận được ở dạng Rinex. Cho dù số liệu được cấp theo ngày đo (daily data), song cũng cần kiểm tra hiện trạng số liệu (tỷ lệ phần trăm độ dài thu tín hiệu so với 24 giờ) và các thông số như máy thu, đặc biệt là anten nhằm khai báo chính xác cho phần mềm khi xử lý. Một số thông số cơ bản của tập hợp số liệu đo được trình bày ở *bảng 1*.

Bảng 1. Các thông số cơ bản của số liệu khai thác

| Tên điểm | Máy thu | Anten | Số tệp khai thác |
|----------|-----------------|-------------|------------------|
| COCO | ASHTECH UZ-12 | AOAD/M_T | 92 |
| BAKO | TRIMBLE 4000SSE | TRM14532.00 | 92 |
| NTUS | AOA SNR-12 ACT | AOAD/M_T | 92 |
| SAMP | ASHTECH Z-XII3 | ASH700936 | 92 |

Trường hợp cần thiết có thể kiểm tra chất lượng số liệu bằng phần mềm TeQC. Dung lượng số liệu khai thác được có khối lượng xấp xỉ vài trăm Mb.

Ngoài số liệu đo còn phải khai thác các tệp số liệu hỗ trợ, cập nhật phần mềm xử lý số liệu GPS như lịch vệ tinh chính xác, tệp hiện trạng vệ tinh, tệp chuyển động cực...

Về bản chất, việc tính toán chuyển dịch dựa trên tọa độ điểm xác định theo từng ngày trong hệ tọa độ thống nhất. ITRF 2000 được chọn là hệ quy chiếu cho toàn bộ quá trình xử lý. Điểm COCO được chọn là điểm có tọa độ cố định trong khoảng thời gian số liệu được khai thác (từ DOY 300/2004 đến 025/2005).

Số liệu có thể xử lý theo các phần mềm khác như GPSurvey, Bernese, Gamit. Về cơ bản kết quả xử lý bằng các phần mềm này đều đạt độ chính xác

và tin cậy [1-3]. Tuy vậy trong dịp này, để hạn chế phần nào các sai số hệ thống khi tính toán chuyển dịch (hiệu tọa độ) chúng tôi đã xử lý bằng phần mềm Bernese cho các ngày đo.

Xin lưu ý, với quan điểm đi từ tổng quát tới chi tiết, việc xử lý số liệu được tiến hành theo từng bước. Trong [3, 7] số liệu của các ngày 336, 358, 360 (2004) và 025 (2005) đã được xử lý. Dịp này, trong số 92 ngày số liệu đã khai thác, về cơ bản chúng tôi xử lý theo mật độ khoảng cách 5 ngày, sát thời điểm xảy ra động đất (từ ngày 355 đến ngày 365/2004) xử lý theo từng ngày (bảng 2). Kết quả của đợt xử lý này sẽ quyết định hướng nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 2. Tổng hợp số liệu xử lý

| STT | Doi | Ngày | Ngày GPS | STT | Doi | Ngày | Ngày GPS |
|-----|--------|-----------|----------|-----|--------|-----------|----------|
| 1 | 300.04 | 26/10/04 | 1294.2 | 15 | 358 | 23/12/04 | 1302.4 |
| 2 | 305 | 31/10/04 | 1295.0 | 16 | 359 | 24/12/04 | 1302.5 |
| 3 | 310 | 05/11/04 | 1295.5 | 17 | 360 | 25/12/04 | 1302.6 |
| 4 | 315 | 10/11/04 | 1296.3 | 18 | 361 | 26/12/04 | 1303.0 |
| 5 | 320 | 15/11/04 | 1297.1 | 19 | 362 | 27/12/04 | 1303.1 |
| 6 | 325 | 20/11/04 | 1297.6 | 20 | 363 | 28/12/04 | 1303.2 |
| 7 | 330 | 25/11/04 | 1298.4 | 21 | 364 | 29/12/04 | 1303.3 |
| 8 | 336 | 1/12/2004 | 1299.3 | 22 | 365 | 30/12/04 | 1303.4 |
| 9 | 340 | 05/12/04 | 1300.0 | 23 | 001.05 | 1/01/2005 | 1303.6 |
| 10 | 345 | 10/12/04 | 1300.5 | 24 | 005 | 05/01/05 | 1304.3 |
| 11 | 350 | 15/12/04 | 1301.3 | 25 | 015 | 15/01/05 | 1305.6 |
| 12 | 355 | 20/12/04 | 1302.1 | 26 | 020 | 20/01/05 | 1306.4 |
| 13 | 356 | 21/12/04 | 1302.2 | 27 | 025 | 25/01/05 | 1307.2 |
| 14 | 357 | 22/12/04 | 1302.3 | | | | |

III. KẾT QUẢ XỬ LÝ

Việc xử lý cho từng ngày đo được thực hiện theo các bước sau :

- *Lập lịch xử lý* : đây là bước kỹ thuật tuy đơn giản song hết sức quan trọng giúp người xử lý quản lý và theo dõi được quá trình xử lý. Lịch bao gồm các thông số : ngày trong năm, ngày theo lịch, số hiệu tệp lịch vệ tinh,...

- *Chuẩn bị số liệu* : phần mềm Bernese 4.2 yêu cầu số liệu dạng Rinex, bởi vậy tập hợp số liệu đo ở dạng nén (compact) đã được chuyển sang dạng Rinex bằng việc giải nén thích hợp. Bên cạnh đó còn phải khai thác và chuẩn bị các tệp lịch vệ tinh ở dạng thích hợp với lựa chọn của phần mềm. Thiết lập các tệp số liệu (tọa độ gán đúng) và các tệp số liệu hỗ trợ phần mềm hoạt động khai thác từ IGS (tệp hiện trạng vệ tinh, chuyển động cực, tâm pha anten...).

- *Lập Project và các thư mục đi kèm, cập nhật các tệp vào thư mục* : các số liệu đo sau khi cập nhật vào thư mục RAW phải chuyển đổi sang dạng Unix thích hợp với phần mềm. Chuyển lịch vệ tinh chính xác và cập nhật các tệp phụ trợ vào các thư mục thích hợp.

- *Xử lý theo từng bước đến kết quả bình sai* : quá trình xử lý bằng Bernese yêu cầu dạng đối thoại người - máy. Cho dù xử lý trên cơ sở trình đơn, theo từng bước song phải tập trung cao, đảm bảo không sai sót các thông số đầu vào - ra. Cũng do chế độ xử lý đối thoại người - máy, nên việc xử lý số liệu phức tạp, nhiều trường hợp mất rất nhiều thời gian phát hiện lỗi để phần mềm chạy tiếp.

- *Kiểm tra kết quả xử lý* : phần mềm hoạt động theo cơ chế : chỉ có thể đi tiếp khi bước trước đã hoàn thành. Tuy vậy vai trò của chúng ta là kiểm tra kết quả

xử lý có thể chấp nhận, đi tiếp hay phải xử lý lại. Việc kiểm tra nên thực hiện ngay sau từng công đoạn.

Kết quả xử lý cuối cùng của số liệu đo theo ngày là tọa độ bình sai của từng điểm. *Bảng 3* tập hợp kết quả bình sai tọa độ và sai số liên quan của ngày 300. Từ *bảng 3* có thể thấy, sai số theo phân mềm thông báo theo vĩ tuyến và kinh tuyến khoảng 1-2 mm, theo độ cao khoảng 5 mm. Với quy mô

lưới có cạnh dài xấp xỉ 2.000 km, kết quả xử lý chỉ liên quan tới số liệu 1 ngày đo, có thể nói đây là thành quả đạt độ chính xác cao. Các ngày khác phương án xử lý cũng như kết quả nhận được có độ chính xác tương tự.

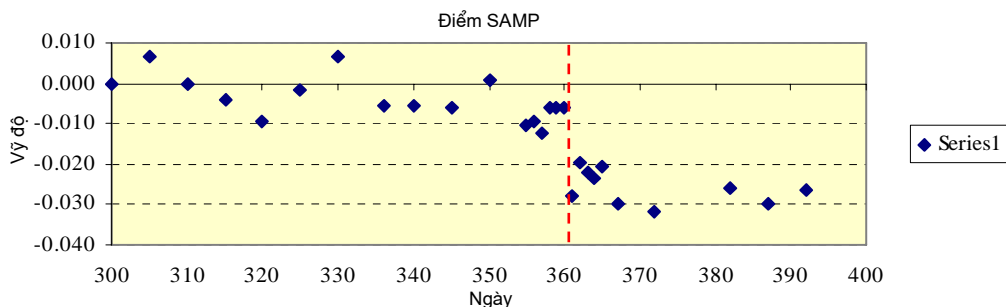
Để xác lập được mối liên hệ của chuyển dịch theo thời gian, hiệu tọa độ của các ngày so với ngày 300/2004 được tập hợp theo chiều vĩ tuyến và kinh tuyến.

Bảng 3. Kết quả bình sai DOY 300/2004

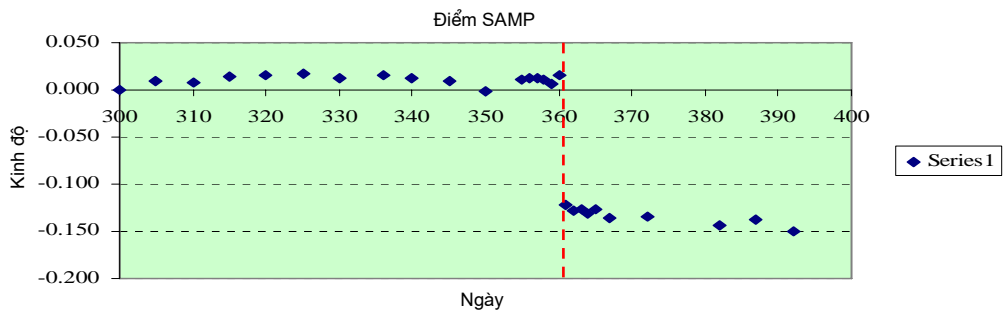
| TOTAL NUMBER OF STATIONS: | | 4 | | | | | |
|---------------------------|--------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------|-----------|--------|
| NUM | STATION NAME | ARAMETER | A PRIORI VALUE | NEW VALUE | NEW- A PRIORI | RMS ERROR | |
| 2 | BAKO | X | -1836969.0724 | -1836969.0709 | 0.0015 | 0.0020 | |
| | | Y | 6065617.1448 | 6065617.1830 | 0.0382 | 0.0052 | |
| | | Z | -716257.8335 | -716257.8303 | 0.0032 | 0.0013 | |
| | | HEIGHT | 158.1837 | 158.2192 | 0.0355 | 0.0054 | |
| | | LATITUDE | - 6 29 27.796601 | - 6 29 27.796364 | 0.0073 | 0.0009 | |
| | | LONGITUDE | 106 50 56.075608 | 106 50 56.075201 | -0.0125 | 0.0017 | |
| | 4 | NTUS-01 | X | -1508022.8757 | -1508022.8648 | 0.0109 | 0.0018 |
| Y | | | 6195576.6572 | 6195576.6952 | 0.0380 | 0.0051 | |
| Z | | | 148799.4241 | 148799.4252 | 0.0011 | 0.0014 | |
| | | HEIGHT | 75.4139 | 75.4483 | 0.0344 | 0.0051 | |
| | | LATITUDE | 1 20 44.886544 | 1 20 44.886552 | 0.0003 | 0.0014 | |
| | | LONGITUDE | 103 40 47.845202 | 103 40 47.844568 | -0.0196 | 0.0016 | |
| 1 | | COCO | X | -741950.3510 | -741950.3510 | 0.0000 | 0.0000 |
| | Y | | 6190961.6860 | 6190961.6860 | 0.0000 | 0.0000 | |
| | Z | | -1337768.2070 | -1337768.2070 | 0.0000 | 0.0000 | |
| | | HEIGHT | -35.2505 | -35.2505 | 0.0000 | 0.0000 | |
| | | LATITUDE | - 12 11 18.051327 | - 12 11 18.051327 | 0.0000 | 0.0000 | |
| | | LONGITUDE | 96 50 2.287429 | 96 50 2.287429 | 0.0000 | 0.0000 | |
| | 3 | SAMP | X | -964465.1587 | -964465.1445 | 0.0142 | 0.0023 |
| Y | | | 6291997.1577 | 6291997.2048 | 0.0471 | 0.0056 | |
| Z | | | 400195.8803 | 400195.8868 | 0.0065 | 0.0014 | |
| | | HEIGHT | 2.0227 | 2.0675 | 0.0448 | 0.0056 | |
| | | LATITUDE | 3 37 17.799728 | 3 37 17.799849 | 0.0037 | 0.0016 | |
| | | LONGITUDE | 98 42 52.988419 | 98 42 52.987731 | -0.0212 | 0.0022 | |

Bức tranh chuyển dịch theo chiều vĩ tuyến, kinh tuyến của điểm SAMP trình bày ở hình 1 và hình 2

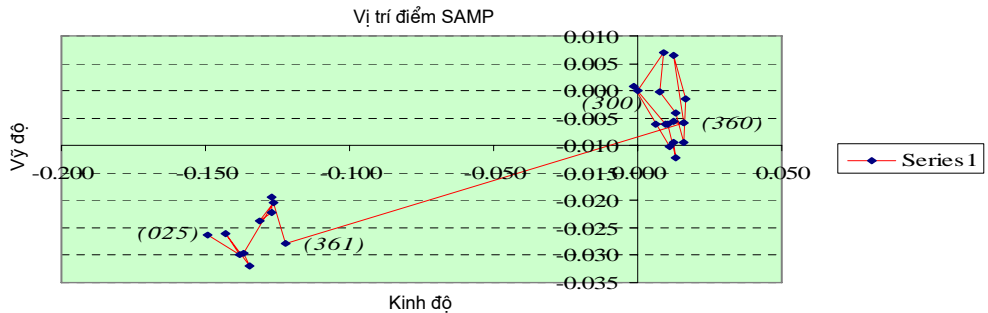
(Số liệu ngày trên đồ thị được tính liên tục kể từ ngày 300), vị trí điểm SAMP trình bày ở hình 3.



Hình 1. Chuyển dịch theo chiều vĩ tuyến của điểm SAMP (đơn vị : m)



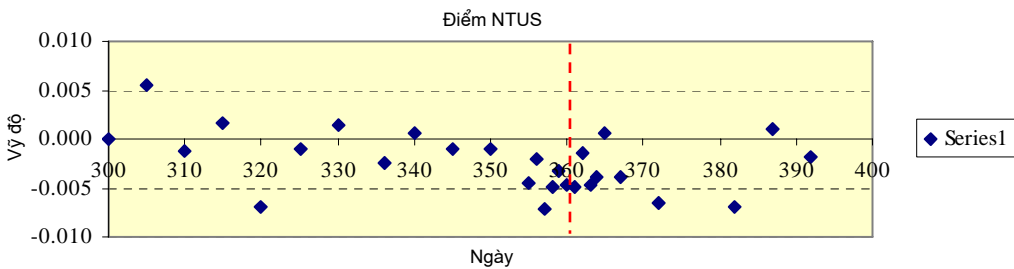
Hình 2. Chuyển dịch theo chiều kinh tuyến của điểm SAMP (đơn vị : m)



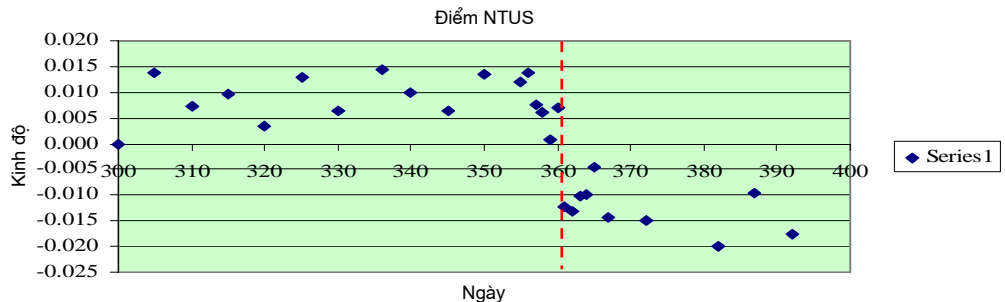
Hình 3. Vị trí điểm SAMP (đơn vị : m)

(Ghi chú : các DOY đặc trưng 300, 360 (ngày trước động đất) và 361 (ngày sau động đất) và 025 được ghi thêm bên cạnh vị trí bằng số nghiêng)

Chuyển dịch của điểm NTUS được trình bày ở hình 4, hình 5.



Hình 4. Chuyển dịch theo chiều vĩ tuyến của điểm NTUS (đơn vị : m)



Hình 5. Chuyển dịch theo chiều kinh tuyến của điểm NTUS (đơn vị : m)

THẢO LUẬN

1. Xem xét hình 1-5, so sánh độ lệch tọa độ và sai số xác định chúng có thể thấy, hoàn toàn có thể xác định được chuyển dịch của các điểm (đại diện cho chuyển dịch vỏ Trái Đất) từ số liệu GPS. Chuyển dịch của các điểm có dạng xung (pulse) rất rõ ràng, có thể chia làm 3 giai đoạn :

- Từ DOY 300 đến 360 (2004) vị trí điểm giao động trong dải tương đối hẹp cỡ centimet.

- Tại thời điểm động đất vỏ Trái Đất chuyển dịch lớn đột ngột, điểm SAMP (có khoảng cách 318 km từ chấn tâm) chuyển dịch xấp xỉ 16 cm, lớn hơn nhiều so với chuyển dịch có biên độ ~ 3 cm của điểm NTUS (có khoảng cách 905 km tính từ chấn tâm).

- Sau động đất, giao động của vị trí điểm lại trở về hiện trạng gần như trước khi động đất.

2. Chuyển dịch theo chiều kinh tuyến có biên độ lớn hơn chiều vĩ tuyến ở cả hai điểm SAMP và NTUS. Điều đó có thể giải thích do đường thẳng giữa điểm SAMP với chấn tâm, và điểm NTUS với chấn tâm có hướng á vĩ tuyến.

3. Đối với hướng dự báo động đất điều chúng ta quan tâm là đặc điểm chuyển dịch trước động đất. Thời gian trước động đất (từ DOY 300 đến DOY 360), đặc điểm chuyển dịch của điểm SAMP theo chiều kinh tuyến được phân tích trên cơ sở hình 6. Vị trí điểm giao động trong giải từ -0,1 đến 1,7 cm ; đường thẳng xấp xỉ (trend) có hệ số rất nhỏ ($0,5 \cdot 10^{-4}$) ; nếu tính theo đường xấp xỉ, vị trí điểm chỉ thay đổi 3 mm trong thời gian từ DOY 300 đến DOY 360 năm 2004 (tương đương với tốc độ ~2 cm/năm). Với các số liệu trên, có thể coi giai đoạn trước động đất vị trí điểm không thay đổi trong mối liên quan tới sai số xác định chúng. Tuy vậy, chúng ta cần để ý :

- Hệ số nhân của đường thẳng hồi quy tuy nhỏ song mang dấu dương, điều đó có nghĩa kể từ thời

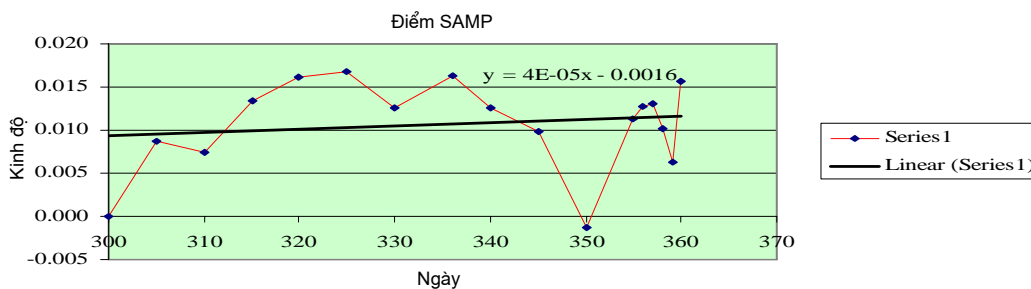
điểm khảo sát (DOY 300 ; 2004), điểm SAMP dịch chuyển về phía đông, có xu thế ly tâm so với chấn tâm. Nhận định này một lần nữa được củng cố, khi trên hình 5 có thể thấy, từ ngày 300 đến 360 vị trí điểm ở phần góc vuông thứ nhất, sau động đất từ ngày 361 đến ngày 025(2005) điểm chuyển dịch tới phần góc vuông thứ 3.

- Đặc điểm chuyển dịch nêu trên không đồng nhất với bức tranh chuyển dịch khu vực trong điều kiện bình thường.

Để có thể thực hiện việc so sánh, chuyển dịch của các điểm lân cận chấn tâm trong điều kiện bình thường theo tính toán của IGS được khai thác [7] và phải hiệu chỉnh về điểm khởi tính là điểm COCO. Hình 7 thể hiện các vector chuyển dịch được xác định từ các điểm IGS trong ITRF2000. Các vector nét liền, mảnh là vector nguyên bản ; các nét đứt, đậm là các vector đã được tổng hợp từ các vector nguyên bản với điểm cố định (vận tốc = 0) là điểm COCO, cùng điểm khởi tính với các tính toán trong công trình này. Rõ ràng, nếu so với điểm COCO trong điều kiện bình thường, điểm SAMP chuyển dịch về phía tây với tốc độ ~20 cm/năm. Trong khi đó, theo khảo sát của chúng tôi, trước động đất, điểm này có xu thế chuyển dịch về phía đông. Khác biệt trên có thể do :

a) Thời gian trước động đất ở một thời điểm nào đó sự tích lũy năng lượng gây ra biến dạng làm thay đổi xu thế chuyển dịch của điểm : chuyển động về phía tây của điểm SAMP dần chậm lại, trung tính rồi chuyển dần sang hướng đông. Về nguyên lý đây là dấu hiệu hết sức quan trọng, là cơ sở để có thể triển khai công tác dự báo động đất bằng công nghệ GPS.

b) Vận tốc nhận từ IGS được tính từ toàn bộ các điểm của lưới IGS toàn cầu, phản ánh xu thế tổng thể nên có thể chưa thể hiện các chuyển dịch mang tính cục bộ trong khoảng thời gian ngắn.



Hình 6. Chuyển dịch theo chiều kinh tuyến của điểm SAMP (Từ ngày 300 đến 360/2004 - đơn vị : m)



Hình 7. Chuyển dịch khu vực lân cận chấn tâm trong ITRF2000

(Theo <http://sopac.ucsd.edu/dataArchive>) (Ghi chú : vector nét liền, mảnh là vận tốc do IGS xác định ; nét đứt, đậm là vector được tính so với điểm COCO được chọn là điểm cố định)

Các đặc điểm chuyển dịch ở điểm NTUS cũng tương tự, song do khoảng cách từ chấn tâm xa hơn nên biên độ lớn nhất chỉ còn khoảng 3 cm, bức tranh chuyển dịch cũng không rõ ràng như điểm SAMP.

4. Cũng xin lưu ý, các đặc điểm trên có thể nhận biết ở điểm BAKO, song kém rõ nét hơn nhiều do điểm BAKO có khoảng cách khá lớn tính từ chấn tâm, song lại gần ranh giới mảng thạch quyển, nên không loại trừ ngoài chuyển dịch do động đất gây ra còn có sự tham gia chuyển dịch của các mảng thạch quyển.

5. Trên cơ sở kết quả xử lý, với các phân tích từ 1 đến 4, có thể thấy dự báo động đất trên cơ sở số liệu chuyển dịch tính từ số liệu các trạm đo GPS thường trực cho thấy các dấu hiệu tích cực, tuy bài toán hoàn toàn không đơn giản. Cần tiếp tục nghiên cứu theo các hướng : kéo dài thời gian khai thác, tăng dày mật độ ngày xử lý số liệu trước động đất.

TÀI LIỆU DẪN

[1] VY QUỐC HẢI, 2004 : So sánh kết quả xử lý số liệu GPS của lưới địa động lực bằng phần mềm GPSurvey 2.35 và Bernese 4.2. Tạp chí Các Khoa

học về Trái Đất, T. 26, 4PC, 426-431.

[2] VY QUOC HAI, 2007a : GPS data analysis on studying Sumatra earthquake on december 26th, 2004. International Symposium on Surveying and Mapping for Sustainable Development. Hanoi, Vietnam, 27-28 March, 2007.

[3] VY QUỐC HẢI, 2007b : Kết quả bước đầu xác định chuyển động vỏ Trái Đất bằng số liệu GPS vùng lân cận chấn tâm trận động đất Sumatra ngày 26-12-2004. Tc Địa chất, **302**, 1-9, Hà Nội.

[4] MANABU HASHIMOTO, 2004 : Crustal Deformations Associated with the Sumatra Earthquake on December 26, 2004. http://www.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/~hasimoto/Manabu/sumatraEQ_e.htm.

[5] SHUNICHI KOSHIMURA, 2004 : DRI Preliminary Tsunami Modeling Report - Modeling a tsunami generated by the December 26, 2004 Earthquake, of the west coast of northern Sumatra, Indonesia. <http://www.dri.ne.jp/koshimuras/sumatra/#m6>

[6] Displacement of GPS Stations by the Sumatra Earthquake (Data of International GPS Service - IGS). www.gfz-potsdam.de/news/recent/archive/200412.

[7] <http://sopac.ucsd.edu/dataArchive>

[8] Position Changes of GPS Stations due to 29 March 2005 Sumatra Earthquake <http://track.sfo.jaxa.jp/en/contents/news.html>.

SUMMARY

Studies of time-dependent feature of crustal movements caused by the Sumatra Earthquake on December 26, 2004 from IGS data

The time-dependent feature of crustal movements associated with the earthquake plays an important role for forecasting earthquake

In this paper, GPS data of some continuous stations near by the Sumatra Island (COCO, BAKO, NTUS, SAMP) was collected from 300 DOY(2004),

to 025 DOY (2005) and have been processed in order to calculate the movements of GPS stations.

Our calculations and graphs indicated that crustal movements at the investigated GPS sites clearly were pulse. In detail, before earthquake occurred, it is relatively in the range of small (1-2 cm), but at the time of the earthquake points shifted suddenly and larger (the SAMP station approximately 16 cm, NTUS station about 3 cm). After earthquake they were stabilized again. The remarkable thing is that before earthquake, the trend of movements seem to be against the trend in normal conditions. This is an important feature to help predicting earthquake by GPS data, but further investigations are needed.

Ngày nhận bài : 29-4-2009

Viện Địa chất