

2002年6月22日イラン西部地震の地表地震断層

後藤秀昭^{*1} 吾妻 崇^{*2} 小長井一男^{*3} Sadr Amir^{*3}Surface rupture associated with June 22, 2002,
Changureh-Avaj earthquake, in IranHideaki Goto^{*1}, Takashi Azuma^{*2}, Kazuo Konagai^{*3}, and Sadr Amir^{*3}

Abstract

An intense earthquake occurred in western Iran, about 225 km west of Tehran at 7:28 local time, June 22, 2002. Though the moderate moment magnitude of 6.4(ERI, University of Tokyo) - 6.5 (USGS) calculated for this earthquake was not surprisingly large as contrasted with those historical major earthquakes in this country, 261 people were reportedly killed and 1,300 injured. We investigated the activated fault trace and observed the outcrop of surface rupture near the epicenter area of main shock from 27 July to 30. We recognized surface rupture associated with this earthquake extended for about 700m east of Abdarreh village. Amount of displacement upthrown to the south is less than 10cm. It's expected that faulting occurred several times along the same bedding fault related to the flexural-slip by the growth of fold.

はじめに

イラン・イスラム共和国の首都テヘランの西方225kmで、2002年6月22日の午前7時28分(現地時間)にMw6.4(菊地・山中, 2002)またはMw6.5(USGS, 2002)の地震が発生した(2002年Changureh - Avaj地震)(Fig. 1)。この地震は、菊地・山中(2002)によれば北西 - 南東走向の逆断層の活動によるもので、震源の深さは約7kmであった。Hosseini *et al.* (2002)は、余震分布から南傾斜の低角な逆断層を推定している。この地震により261名の死者と1300名の負傷者をだす被害が生じ、地震の規模に比べて大きな被害となった。筆者らは2002年7月27~30日の期間、被災地周辺でこの地震によって出現した地表地震断層の踏査を実施した(Konagai *et al.*, 2002)。地震発生域は乾燥地域であり、地形や地質との関係がつぶさに観察できる場所であった。本稿では、調査結果を報告し、地表地震断層の出現について検討する。

調査地域の地震活動と地形地質概観

地震が発生したのは、エルブルズ山脈から約120km南の中央イランに位置している。この付近ではこれまでもM6~7の地震が発生してきた(Fig. 1)。今回の強震域は、1962年に地表地震断層を生じたIpak (Buyin Zahre)地震の西端(Ambraseys and Melville, 1982)から約40km西である。

地震発生域周辺では、主に古生代~中生代の地層からなる山脈が北西 - 南東方向に複数列延び、その間に新生代の堆積物からなる丘陵や段丘、低地によって構成される盆地が細長く分布している(Fig. 2)。盆地と山地の境界には、一部に断層が認められている(National Iranian Oil Company, 1978)。今回、地変が観察された地域は、中新世の堆積岩からなる丘陵で、一部ではその上に薄く第四紀の堆積物がのっている。丘陵には、植生や表土があまりみられず、中新世の堆積岩の傾斜が一見して把握できる(Photo 1)。

*1 福島大学教育学部

*2 産業技術総合研究所活断層研究センター

*3 東京大学生産技術研究所

*1 Faculty of Education, Fukushima University

*2 Active Fault Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

*3 Institute of Industrial Science, University of Tokyo

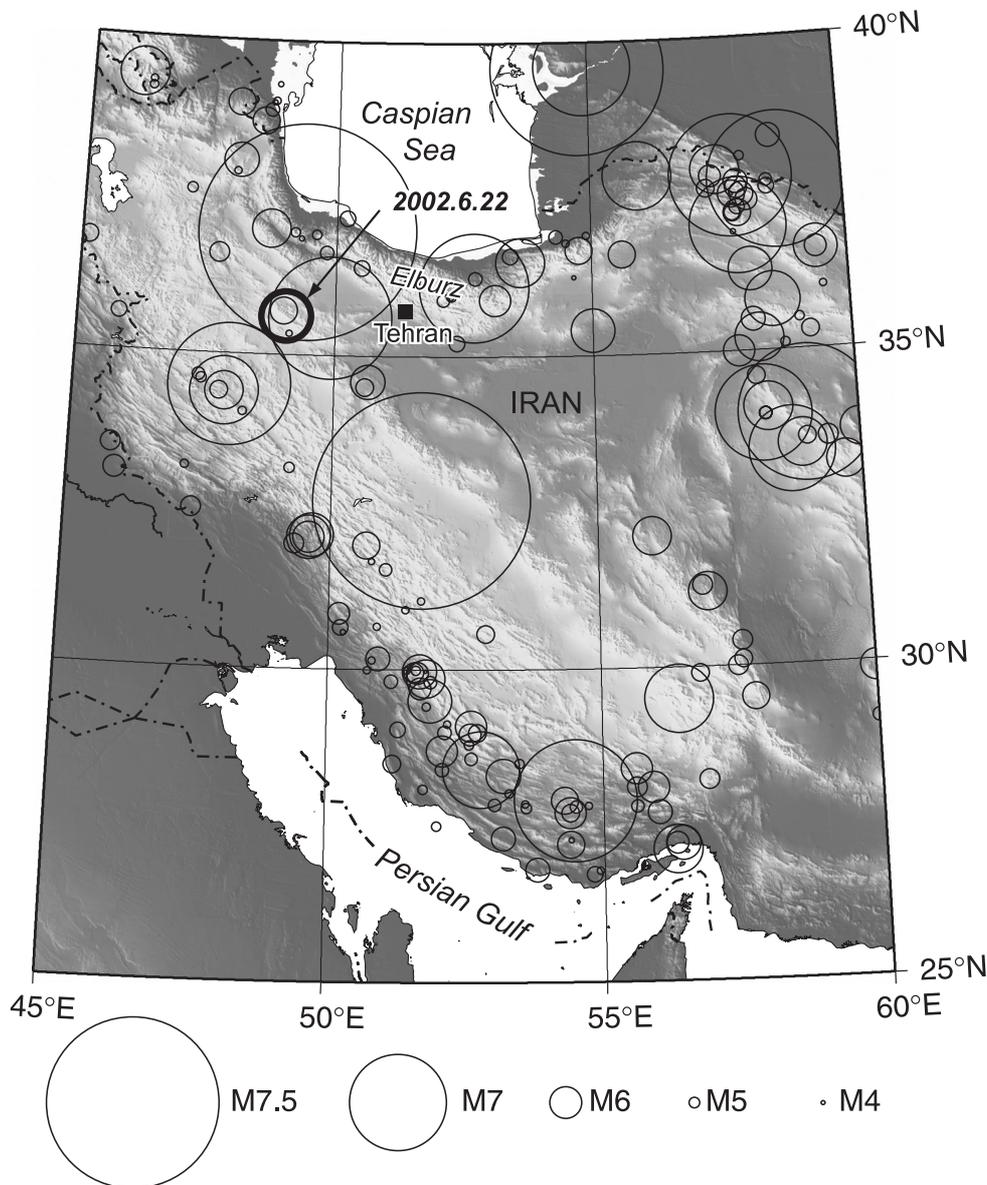


Fig.1 Historical earthquake in Iran, 1900 to 2002 AD. Epicenters are based on the WWW catalog of Utsu at International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE; <http://iisee.kenken.go.jp/>).

地表地震断層のトレースと変位量

地震発生直後から震災の様子や地変に関する調査が、現地の研究者によってなされ、速報されてきた。地表地震断層に関しては、Zare (2002) により道路や山腹に微細な割れ目として出現していることが報告されている。我々はそれらの出現形態や連続性、周辺の状態を観察して、それらの地変が地滑りなどの強震動によって生じたものか、それとも断層変位によるものなのかを吟味した。その結果、地表地震断層と認められる連続した地割れを見いだした。その具体的な位置をハンディーGPSレシーバ¹⁾を用いて測定

した。なお、Fig. 3は、ハンディーGPSレシーバによって得られたデータをもとに²⁾、地図化したものである³⁾。

地表地震断層は、変位量が10cm未満のずれや割れ目として連続的に認められた。地表での出現形態は微小であったが、地表には植生が被覆しておらず、表土も薄いため、追跡は比較的容易であった。明瞭な地表地震断層の出現を確認できたのは、Abdarrehから約700m東の区間である。Abdarrehの集落の中では、集落の東端を通っている大通りの両端にあるコンクリート製の側溝にひび割れと数cmのずれがみられただけで、被災後の後かたづけが進み、そのほかの地変の跡形は残っていなかった。ただし、電信柱のひび割れの度合いが、断層の西延長線を境に異なることから、

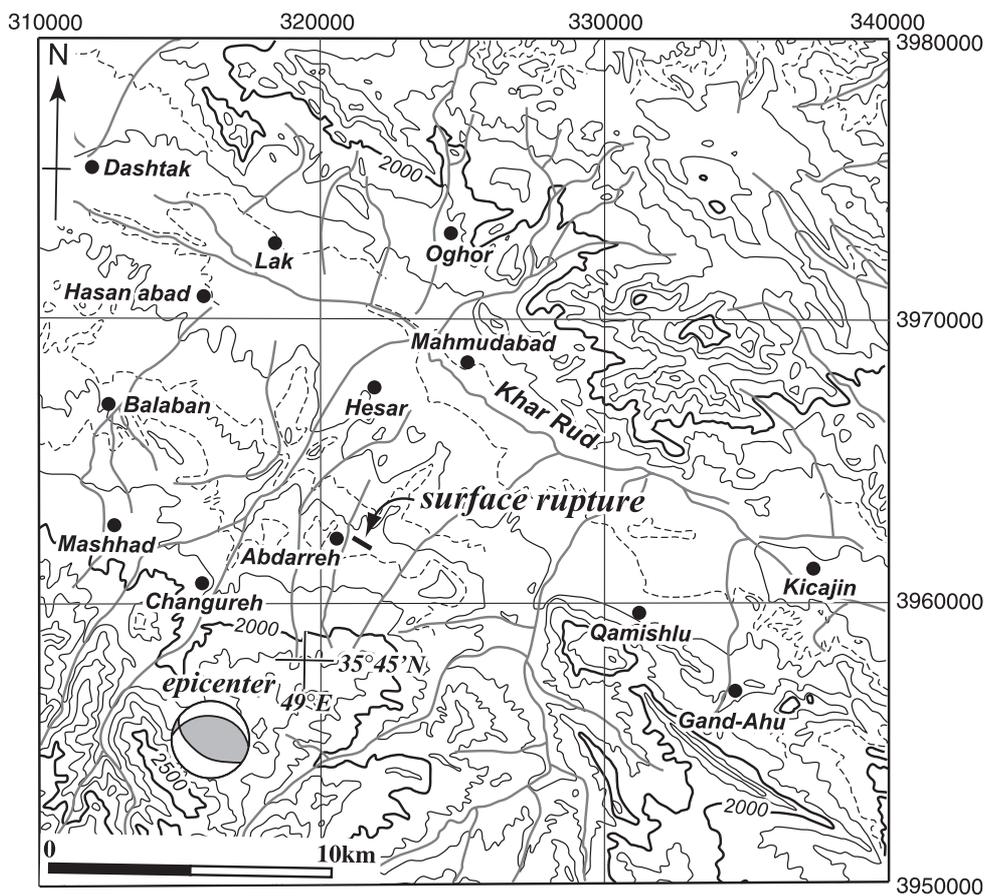


Fig.2 Topographic map near the epicenter of June 22, 2002, Changureh - Avaj Earthquake. The focal mechanism solution from Kikuchi and Yamanaka (2002).

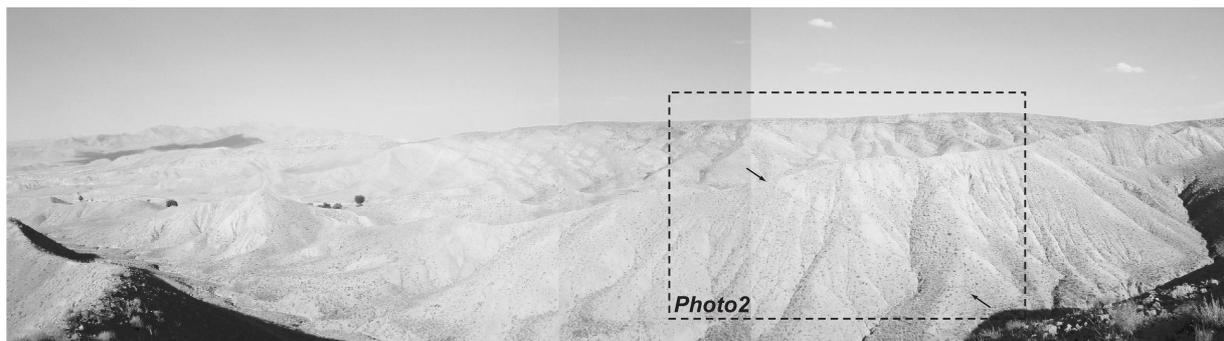


Photo1 Geological structure and surface rupture. Arrows are shown surface rupture.

地震動に違いがあったと考えられ、Abdarrehの集落を地表地震断層が横切っていた可能性もある (Konagai *et al.*, 2002). なお、Abdarrehの集落より西では、地表地震断層を確認することはできなかった。一方、地表地震断層の東端は、我々が確認したよりもさらに東まで延びている可能性があるが、地表地震断層を確認できた東端付近で変位量が次第に小さくなっており、さらに数kmも続くとは考えにくい。したがって、地表地震断層の主要部は、我々の調査で確認できたと考えている。

GPSで計測した断層トレースの一般走向はN60 ~ 65 °Wである (Fig. 3 , A) . 地表地震断層が出現した地域は、北東 - 南西方向に尾根や谷が延びており (Fig. 2) , トレースの一般走向はこれらにほぼ直交している . 断層トレースは出入りに富んだものであり、尾根部で北東側、谷部で南西側と高度によって出現位置が系統的に異なっている (Fig. 3 , A , B) . これは、断層面の傾斜角が同様であることを示唆している . 断層の一般走向に直交する向きに出現位置を投影すると、地表での断層の出現位置は、直線上に並び、

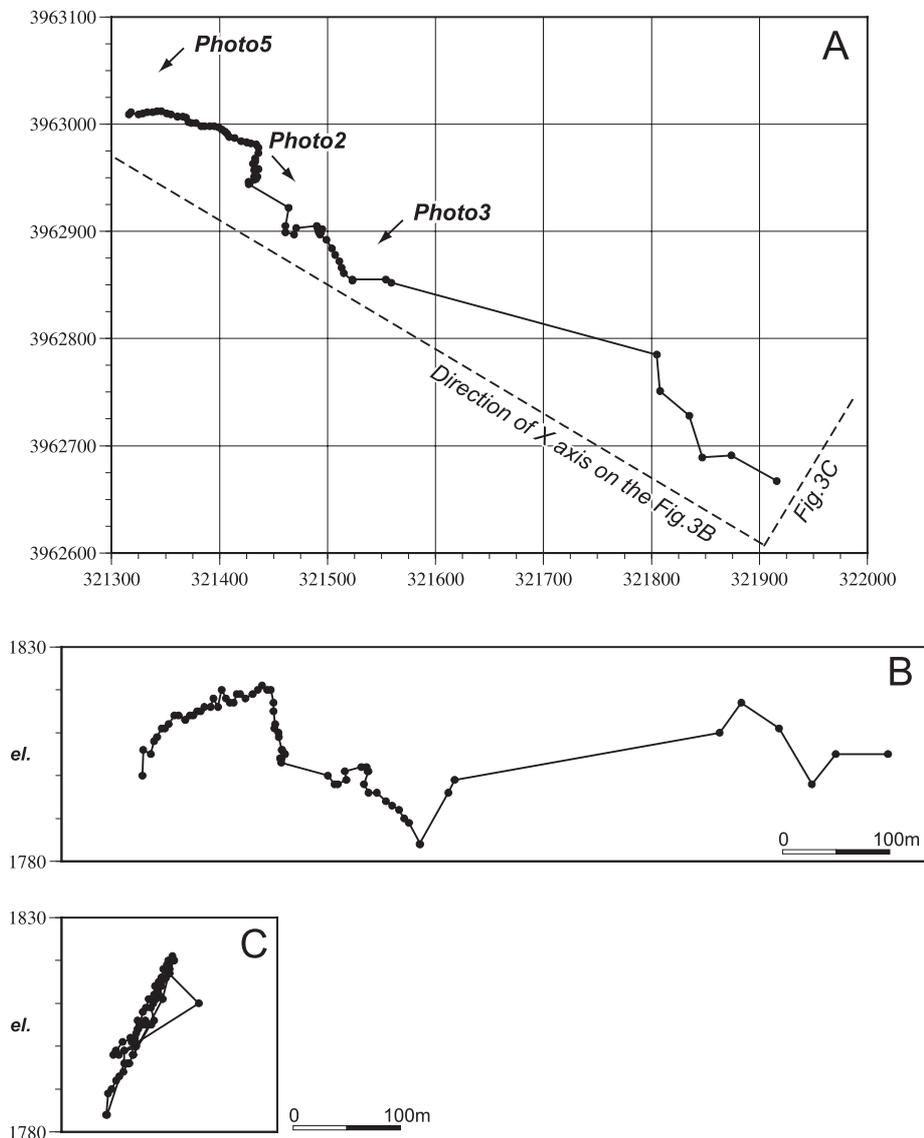


Fig.3 Trace of surface rupture measured by Handy GPS.

A: Trace map on UTM. B: Projection of surface rupture along the strike. C: Projection of surface rupture across the strike.

その傾斜は20~30°である (Fig. 3, C). Photo 2, 3 に示すように、地表地震断層が山腹を横切って一様の角度で直線状に延びているのが観察されており、トレースを確認した区間全体にわたってこの傾向が認められることがわかる。

変位の向きは、それが確認できる区間では、南西側の隆起を示しており、逆断層成分を持っているといえる。ただし、上述のとおり、断層トレースを確認できた東端付近では、変位量は次第に小さくなっており、割れ目としてしか認められない。変位を確認できる区間でも、今回の地震に伴う変位量は、10cm以下であった (Photo 4)。

National Iranian Oil Company (1978) の地質図には、この地震断層の場所に活断層を示す線が記入されている。地表から地形を観察する限り、断層変位地形とする積極的な

証拠は認められなかったが、地表地震断層が出現した場所は、丘陵の背面が緩傾斜でよくそろった南西側と、丘陵の開析が著しくなる北東側のほぼ境に位置しており、活断層の存在を示唆しているようにもみえた。

地震断層の断層露頭

地表に出現した断層の変位の繰り返しや地質構造との関係を明らかにするために、Abdarrehの東端 (Photo 5) に出現していた断層露頭を削りだして観察を行った。

観察した露頭は、高さ1m、幅2m程度である。ここでは、周辺の地質構造と同様に南に傾斜する砂岩とシルト岩がみられた (Fig. 4)。層理面から、N55~75°Eの走向、20



Photo 2 Surface rupture across the hill slope. Locality of this photo is shown in Fig. 3.



Photo 3 Surface rupture across the hill slope and valley. Arrows are shown surface rupture. Locality of this photo is shown in Fig. 3.

~40°の傾斜が計測された。地表地震断層の変位と壁面にみられる地層との関係を観察すると、地表地震断層の変位はシルト岩と砂岩の層理面に連続していた。断層変位を受けたこの層理面に沿ってのみ、約1cmの未固結の新鮮な粘土が発達していた。

上述のとおり、今回の地震活動に伴う変位量は10cm未満

であり、このずれで幅1cmもの断層粘土を生成したとは考えにくい。したがって、これまでもこの断層面に沿って変位が生じていたと推定される。つまり、繰り返し、変位が生じていた層理面に沿って、今回の地表地震断層もずれを生じたと考えられる。



Photo 4 Close up view of surface rupture to the east of Loc. 1.



Photo 5 Bird's view photograph of Abdarreh village.

おわりに

2002年6月22日にイラン・イスラム共和国の首都テヘランの西方で発生した地震（2002年Changureh - Avaj地震）

の地表地震断層のトレースを確認するとともに、断層露頭において断層と地質構造との関係を検討した。その結果、地表地震断層は少なくとも約700mにわたって認められること、20~30°で一様に傾斜した断層面であること、南傾斜を示す中新世の堆積岩の層理を使って変位が起こっている

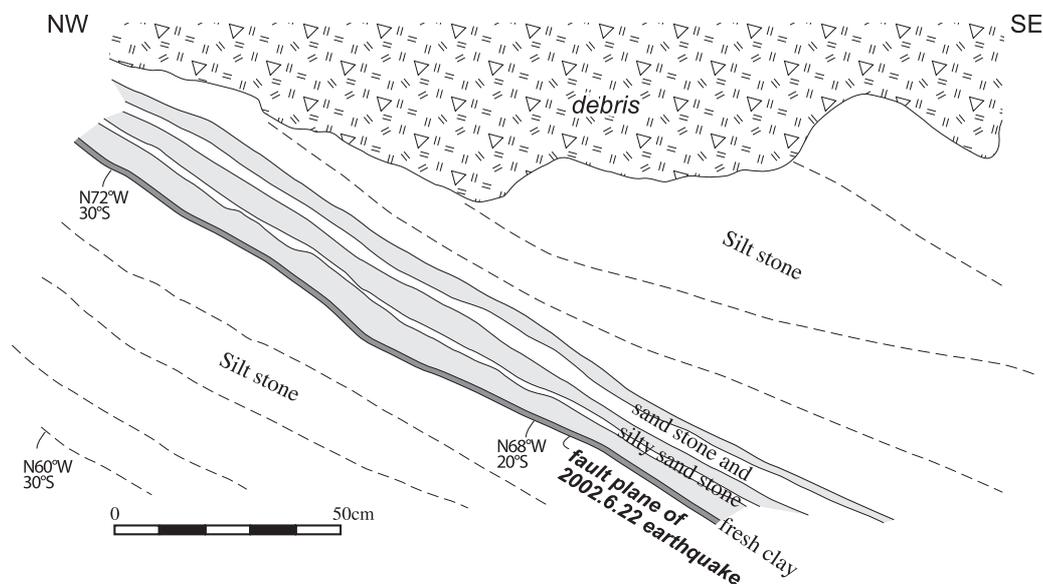


Fig.4 Outcrop of surface rupture at the eastern end of Abdarreh.

ことが明らかとなった。したがって、この地表地震断層は Yeats (1986) の提唱する褶曲構造の成長に伴う層理すべり断層 (flexural-slip fault) であった可能性が高いと思われる。

なお、Photo 3 中央の谷底で、深さ 1 m のトレンチを掘削して未固結の砂礫を観察したところ、変位量が小さいためか、これらの堆積物を切断する明瞭な断層面は確認できなかった。日本のように未固結の風化物質が比較的厚く、植生に覆われているような場所では、この程度の変位によっては、地表地震断層が出現しない可能性が指摘できる。

この調査は、地震発生約 1 カ月後に行われた。被災地では生活に落ち着きを取り戻してきていたとはいえ、地震断層の出現した Abdarreh や Changureh では、家屋や生活用品が瓦礫と化しており、ほとんどの人々がテント生活を余儀なくされていた。乾燥地域の漠々たる風景のなかで、緑をたたえていた集落を突然襲った地震を怨めしく感じるとともに、一日も早い復興を祈らずにはいられなかった。

謝 辞

この調査は、(財)土木学会の甚大災害に対する緊急調査団のメンバーとして行ったものである。先発隊として我々よりも前に現地に入っておられたメンバーの方々からは多くの助言と励ましをいただいた。現地においては Assadollah Noorzad, Reza Alaghebandian の両博士をはじめテヘラン大学の多くの方々にお世話になった。現地の人々は、震災を受けたにも関わらず、我々を歓待してくれた。Fig. 1 の作図について奥村晃史先生 (広島大学) に、

Fig. 3 の作図について松岡暁氏 (当時、京都大学院生) に助言いただいた。以上の方々 に記して御礼申し上げます。

注)

1) Garmin社製のeTrex summitを用いた。このGPSは、緯度・経度とともに気圧計による高度測定が可能である。断層出現位置において数十秒立ち止まり、緯度、経度、高度の数値が安定するのを確認してから、情報を waypoint として本体に記録させた。

2) 測定値は、転記による誤りを防ぐため、レシーバとパソコンを直接接続して取り出された。Garmin社製eTrex用RS-232CケーブルとUSBアダプタ (Keyspan USA-19Qi) を介して、Macintoshに接続した。GPS通信ソフト「GPSe」(田村英一氏作成のフリーウェア、<http://homepage.mac.com/etmr/GPS/gpse.html>) を用いて、waypointの情報を取り出した。

3) 地形図と対応しやすくするため、現地では緯度・経度は度分秒を単位として表示して記録した。図化にあたっては、フリーウェア「UTM」を用いてUTM座標系への変換を行った。

文 献

- Ambraseys, N. N. and Melville, C. P., 1982, A History of Persian Earthquakes, Cambridge University Press, London, 219p.
 Hosseini, S. K., Suzuki, S., Fujii, Y., Hossein, S. and Aghda, S. M. F., 2002, Aftershock observation of the 22 June 2002 Changoureh-

- Avaj Earthquake (Mw 6.5), NW Iran. 2002 American Geophysics Union Fall Meeting, S71B-1091.
- 菊地正幸・山中佳子, 2002, 2002年6月22日イラン西部の地震 (M6.3), 東京大学地震研究所 E I C 地震学ノート, No.123, http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/EIC/EIC_News/.
- Konagai, K., Miyajima, M., Azuma, T., Taniguchi, H., Goto, H., Amir, S., Abdolhossein, F., 2002, Provisional Report of the June 22, 2002, Changureh (Avaj) Earthquake, Iran, 社団法人土木学会 災害速報, <http://www.jsce.or.jp/report/frameset.htm>
- National Iranian Oil Company, 1978, Geological Map of Iran Sheet No. 1 North-west Iran (1:1000,000).
- USGS, 2002, June 22 - Western Iran - 6.5 M, Significant Worldwide Earthquakes in 2002, http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2002/eq_020622/
- Yeats, R. S., 1986, Active faults related to folding, Wallace, R. E., ed., Active Tectonics, *National Academy Press*, Washington, D. C., 63-79.
- Zare, M., 2002, The Changureh (Avaj, Iran) Earthquake of 22 June 2002; A geological-Seismological Overview (edition :15 July 2002).

(2004年5月10日受付)

(2004年6月14日受理)

キーワード

地表地震断層, 2002年チャングレ-アヴァジ地震, イラン, 層面すべり断層

Key words : surface rupture associated with earthquake, 2000 Changureh - Avaj earthquake, Iran, flexural-slip fault