

建築・住宅分野における開発途上国技術協力プロジェクト紹介シリーズ エジプト地震学研究協力

独立行政法人建築研究所国際地震工学センター 古 川 信 雄

1. はじめに

砂漠の国エジプトに地震観測網を設置した。場所は、紅海北端のシナイ半島南端である（写真 1）。この地が観測網設置場所に選ばれた理由は以下の通りである。紅海とアカバ湾は、アフリカプレートとアラビアプレートの境界であり、エジプトで最も地震活動の高い地域の一つである。観測網の中心である、スエズ湾入り口のシャドワン島では、1969年3月31日にマグニチュード(M) 7.1の被害地震が発生している。また、この地は、火力発電所を支える石油産出地帯であり、かつリゾート施設が立ち並び国民の休息地である。たとえば、ハルガダとシャルムシェイクは珊瑚礁が発達したスキューバダイビングのメッカで、世界中から観光客が訪れている。更に、スエズ湾はスエズ運河への通路でもある。そのため、地震学的な安全性を確認しておく必要性が高かったが、この付近には地震観測点が設置されていないために地震活動を調べることは今まで不可能であった。

ここでは参考文献 1 を元にプロジェクトを紹介する。



写真 1 紅海北端のスエズ湾入り口。周りは砂漠。

2. エジプトの地震

エジプトの地震活動はあまり高くない。しかし、建物が丈夫でないので、小さい地震でも大被害が生じる。近年では、1992年10月12日、カイロ南方でM 5.8の地震が発生し、死者552名の人的被害をもたらした。

エジプトの東側国境である紅海とアカバ湾は、エジプトがあるアフリカプレートとサウジアラビアのアラビアプレートの境界であり、比較的地震活動が高い。特にシナイ半島南端からアカバ湾にかけてはM 7クラスの地震が発生し、地震被害をもたらす。また、地中海はアフリカプレートとユーラシアプレートとの境界であるために、ここでも時々被害地震が発生する（図 1、表 1）。

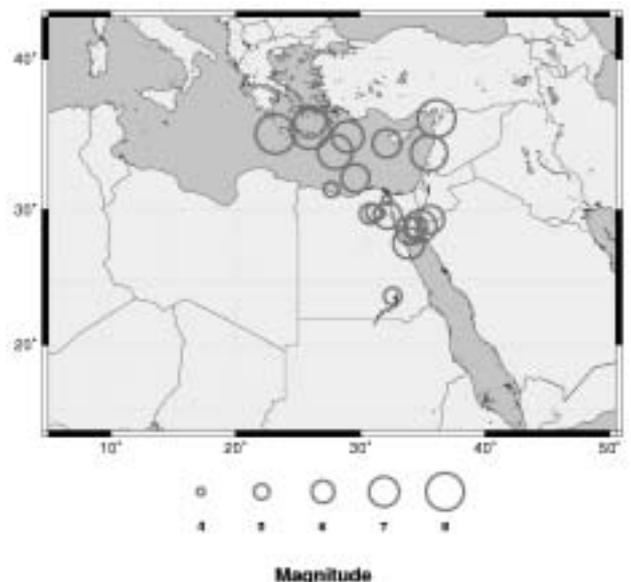


図 1 エジプトにおける被害地震の分布図。紀元前 2200年から2005年まで(参考文献 2 より作成)。

年	月	日	M	死者	負傷者	場所
1955	9	12	6.7	18	89	地中海
1969	3	31	7.1	2	15	紅海
1992	10	12	5.8*	552	9,929	カイロ 南方
1992	10	22	4.5	4	50	カイロ 南方
1995	11	22	7.2*	10	32	アカバ 湾

表 1 20世紀の被害地震（参考文献2より作成、
但し、*印は参考文献3による信頼性の非常に
高いマグニチュード）

3. 案件の内容及び協力の背景と経緯

3 1. 1992年カイロ地震以前

アフリカの盟主を自任するエジプトはユネスコ等の支援をえて、1983年以来、カイロ市25km南方のヘルワンにある国立天文地球物理研究所（NRIAG）において、同国およびその周辺のアフリカ・アラブ諸国の地震学研究の水準を向上させるために「地震学セミナー」を2年毎に開催した。NRIAGはエジプトで唯一の定常的地震観測を実施している機関であり、日本とのつながりは深い。1960年から建設省建築研究所国際地震工学部（現在の独立行政法人建築研究所国際地震工学センター）で実施している「国際地震及び地震工学研修」には、過去40年にわたりNRIAGから約40名の研修生を受け入れており、東京大学理学博士である元所長をはじめ地震学関係の幹部の多くは元研修生である。



写真 2 1903年に設立された国立天文地球物理研究所（NRIAG）。地震観測は1899年から開始。
（<http://www.nriag.sci.eg/home.htm>より）

日本からは第3回（1987年3月）地震学セミナーに溝上恵・東京大学地震研究所教授と安藤雅孝・京都大学防災研究所教授、須藤研・建設省建築研究所国際地震工学部室長（所属はいづれも当時）が国際協力事業団（JICA）専門家として派遣され、講義を行った（参考文献4）。その際、NRIAGは専門家に対して「地震危険度評価に関する長期技術協力」を要望してきた。内容は、エジプト国内で地震災害が予想されるような大都市や地震活動が高い地域において地震観測を実施することにより、地震危険度を評価しようとするものである。帰国後、検討の結果、上記要望に対してはJICAの「研究協力」と「機材供与」で立ち上げ、「専門家派遣」で継続支援するという考え方で必要な調査を行うことにした。以後、この3人・3機関が「協力」に対応することになった。翌1988年5月、上記3人が「エジプト国における地震危険度アセスメントに関する技術協力」調査のために派遣された。更に、1989年2月の第4回セミナーには、上記3人に加えて建設省住宅局の山島哲夫氏も参加し、講義と合わせて上記「技術協力」の調査も行った。また、1989年11月から1990年2月にかけては、東京大学地震研究所の中村正夫・羽田敏夫両氏が「技術協力」のための無線回線テストと臨時地震観測をカイロからシナイ半島南端部にかけての地域で実施し、無線テレメータによる地震観測の可能性を確認した（参考文献5）。1991年の第5回セミナーにもJICA専門家を派遣する予定であったが、湾岸戦争のために派遣枠が当初の4名から1名に減り、その1名の派遣も直前に中止された。

その頃、エジプトの経済事情悪化によりセミナーの継続が困難となっていたが、湾岸戦争終了後、日本の経済支援の一環として、上記セミナーを引き継ぐ形で、JICAによるエジプト第三国研修（地震観測）が1992年に開始され、5カ年計画で実施された（参考文献6）。その後、3年間延長された。

一方、「技術協力」については、JICA「研究協力」枠での実施が合意されたものの、予算規模調整や湾岸戦争のために、進展なく数年が経過していた。

3 2. 1992年カイロ地震発生直後

1992年10月12日、エジプトのカイロ南方で発生したM5.8の地震は、「技術協力」協議の停滞を打破するとともに、予算規模を拡大した。

地震発生後、エジプトからの援助要請を受けた日

本は、岡田恒男・東京大学生産技術研究所長を団長とする9名の「国際緊急援助隊専門家チーム」の派遣(10月29日～11月13日)を決定した(参考文献7、8)。しかし、エジプト側の要望は「チーム」による調査だけではなく、地震観測網設置等の技術協力も含んでいた。そこで、緊急援助の一環として、我々が1987年以来 JICA に要望し、検討を続けてきた「エジプト国における地震危険度アセスメントに関する技術協力」案で対応することに決定した。予算規模の問題については、「研究協力」枠での不足分は「単独機材供与」枠で対応することになった。

3.3. 地震学研究協力協議のための事前調査団派遣

1993年度早々にも研究協力を開始して、エジプトの要望に答えるために、R/D(Record of Discussions)締結をめざした「地震学研究協力調査団」が、1993年1月18日から31日まで派遣された。団員は蔵真人(団長、建設省住宅局)、古川信雄(建設省建築研究所)、瀬戸憲彦(東京大学地震研究所)、西上欽也(京都大学防災研究所)、熊谷真人(JICA)氏の5名であったが、第三国研修講師として同時期に派遣された井上公(建設省建築研究所)氏も全行程調査団と行動をとったので、実質団員は6名であった。

協議には、日本側からは全団員と米林達郎 JICA エジプト事務所次長が、NRIAG 側からは Joseph Sidky Mikhail 所長(専門は天文学)と Mohamed Maamoun El Said 教授(本計画担当責任者)をはじめ多くの地震学幹部が参加した。そして、1月28日、国立天文地球物理研究所において、3年計画の「エジプト国における地震危険度アセスメントに関する技術協力」の R/D を調印し、同年7月1日から研究協力を開始した(参考文献9)。

3.4. 協力の経緯

1993年7月8日より1年間、横山泉氏(北海道大学名誉教授)が長期専門家として赴任し、観測網建設の事前準備を行った(参考文献10)。引き続き、村上寛史氏が2年間、長期専門家として派遣され、観測網設置と維持にあたった。1996年6月に研究協力は終了したが、1996年8月1日から1年間、藤井陽一郎氏(茨城大学名誉教授)をフォローアップのために長期専門家として派遣した(参考文献11)。上記、長期専門家のみ記したが、次項以降に示すように多くの短期専門家を派遣し、プロジェクトを遂行した。



写真 3 エジプトの大物政治家である Ezz 科学技術大臣との会談。左から Joseph NRIAG 所長、米林 JICA 次長、筆者、岩口 JICA 所長、蔵団長、Ezz 大臣。



写真 4 エジプト料理レストラン Felfela での R/D 調印。この後、エジプト名物「鳩の丸焼」を食べる。

4. 「エジプト国における地震危険度アセスメントに関する技術協力」

プロジェクトの概要は以下の通りである。

目的

エジプト国でも地震活動が極めて高いシナイ半島南端部およびそのアフリカ大陸側対岸(ハルガダ地域)において、無線テレメータを使った地震観測装置を用いた地震観測網を設置し、高精度・高品質の地震データを収録し、地震活動・震源決定・発震機構等の解析を行うこと。

相手国実施機関・実施体制

主管官庁：エジプト国科学技術アカデミー

担当機関：国立天文地球物理研究所(National Research Institute of Astronomy and Geophysics(NRIAG))

日本側実施機関
建設省建築研究所
京都大学防災研究所
東京大学地震研究所
活動期間

4年間(1993年7月1日~1997年7月31日)

日本側投入

a. 専門家派遣

長期専門家: 常時1名、短期専門家: 4年間で15名(その他に、事前・機材調査専門家8名、機材据付指導専門家7名)

b. 主要機材供与(およそ1億円)

1. 観測車(3台)
2. 固定テレメータ装置(8観測点分、地震計・パンザマストを含む)
3. 移動式簡易テレメータ装置(4観測点分、地震計を含む)
4. 現地処理装置(パソコン、A/D変換器等)
5. 研究室処理装置(パソコン等)
6. 無線地震観測装置(地殻構造探査用)

c. カウンターパートの日本研修

4年間で7名

主活動分野は上記「定常地震観測」であるが、補足的に「GPS観測」と「臨時地震観測」も実施したので、以下、それぞれを簡単に説明する。

4.1. 定常地震観測

スエズ湾入り口であるハルガダとそのシナイ半島側対岸のシャルムシェイク周辺に10観測点からなる、無線テレメータを用いた地震観測網を設置した。これは、ハルガダ・センターにおける集中観測であり、かつ時間的に連続な定常観測である。観測開始は1994年8月である。しかし観測点確定の遅れのため、日本人据付技師滞在中には6点しか設置できなかった。残り4点はNRIAGが独自に観測点の設置を行った。結果的にはNRIAG自立を促す効果があった。なお、技術的詳細は参考文献12に詳しい。

4.2. GPS観測

シナイ半島内でGPS(汎地球測位システム)を用いた地殻変動観測を1994年から1996年まで毎年一回(4~5月)実施した。毎回日本から3台のGPS受信機を持ち込んだ。1996年にはNRIAGが2台準備したので、内1台をNRIAG構内に設置し、連続観測を行った。

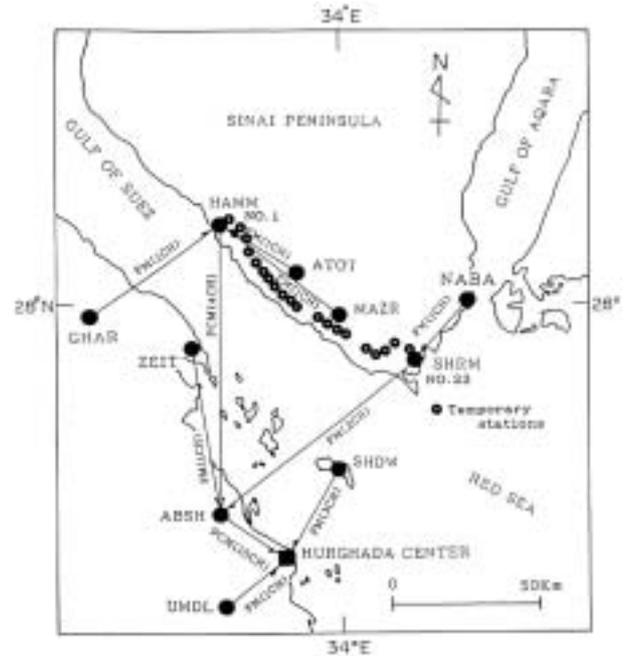


図 2 定常地震観測点(大きな黒丸)と臨時地震観測点(小さな丸)分布図。黒四角はハルガダ・センター(参考文献12より)

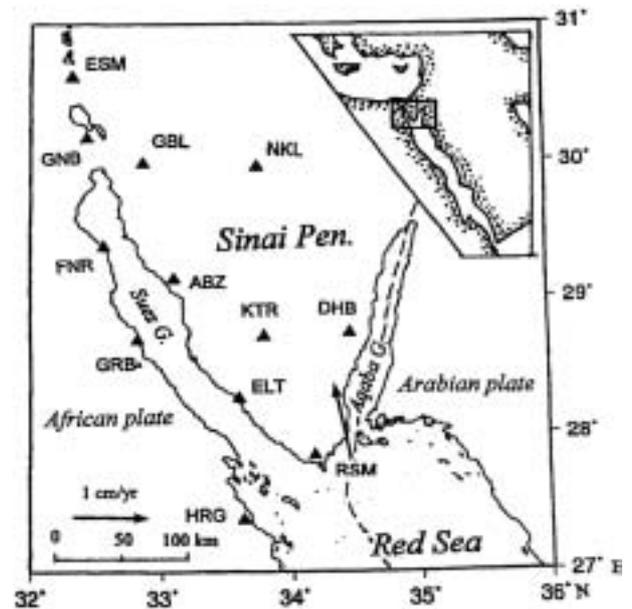


図 3 GPS観測点分布図(参考文献1より)

1995年11月22日にM7.2の地震がアカバ湾で発生し、地震前後の地殻変動(最大水平16cm)を観測した。観測値は地震メカニズムによる期待値によく一致する。

4.3. 臨時地震観測

上記定常地震観測網周辺の地殻構造を探查するために、無線地震観測装置を用いた臨時観測を2週間程度実施した。これは、基準観測点で地震発生を検



写真 5 臨時地震観測点。無線信号受信アンテナの設置（参考文献12より）

知して、そこからの無線信号で離れた観測点群で記録を開始させる装置である。最終的な観測点数は23で、約40個の地震を記録した。

5. 研究成果

研究協力終了後も、長期間地震観測を継続し、収録データを解析し続けた。地震観測の成果は、地震学分野で国際的に代表的な雑誌（米国地震学会誌）に掲載した（参考文献13）。図 4 と 5 に地震分布図と応力分布図を示す。その結果、紅海北端で群発的地震活動が盛んであることがわかった。応力に関しては、シナイ半島南端より南では、主張力軸が北

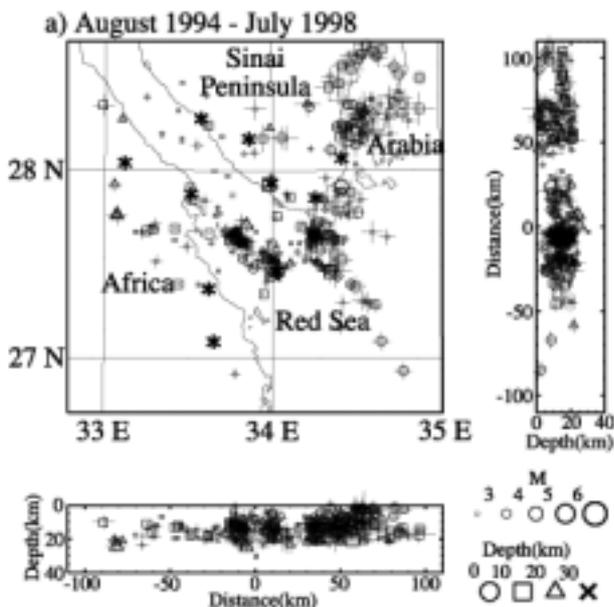


図 4 1994年8月観測開始から1998年7月までの地震分布図（参考文献13より）、震央分布図と東西及び南北方向の深さ分布を示す。

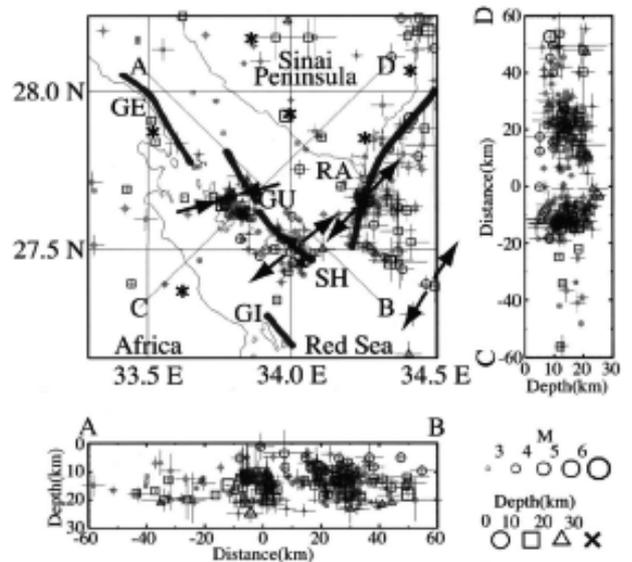


図 5 観測網近傍における地震分布図（1994年8月から1998年7月まで）と活断層。矢印は地震のメカニズムから求めた主要応力軸（参考文献13より）

東 南西方向である。これは、アフリカプレートとアラビアプレートの相対運動の方向に一致し、紅海の拡大とアカバ湾の左横ずれを示している。一方、シナイ半島南端の西方では、東西圧縮の応力を示している。

6. 現 況

1997年8月に最後の長期専門家が帰国後は、NRIAG 独自で地震観測を継続維持し、前項のような研究成果を得た。

2002年頃に地震観測は停止した。理由は、経済的な維持費がないことと、我々が供与した観測車が研究所に取り上げられて使えなくなったことである。しかし、2004年4月に所長が交代し、観測現場に行くことが可能になった。そこで彼らが見たのは、1観測点（ATOT）がパンザマストも含めて完全に盗まれていたことと、1観測点（MAZR）が一部盗まれていたことである。

しかし2005年2月、4観測点ではあるが観測を再開した。但し、他の観測点については無線送受信装置の基板に一部不良が見られ、交換する必要があり、現在 JICA に要求中である。

JICA プロジェクト開始にほぼ平行して、1992年地震に対する国際援助金を用いた全国地震観測網計画が開始し、我々のハルガダ観測網が完成するころには、カイロ近郊の観測点が観測を開始していた。

現在では、50点以上の観測点を有する。我々はハルガダ観測網と全国地震観測網(ENSN)との統合を勧めたが、NRIAGは統合しなかった。しかも、ENSNのサブセンターの一つはハルガダにあり、ほぼ同じ地域で観測を行っている。実際、両者のセンターはハルガダ内の同じ建物内で同居している。ハルガダ観測網の再開は喜ばしいことであるが、将来的には、ENSNのハルガダ・サブセンターと合体し、一体的に運用されることが望まれる。

参考文献

1. 古川信雄、瀬戸憲彦、杉山志行、木俣文昭、1997、「総合報告書：エジプト地震学研究協力」、JICA.
2. 宇津徳治、1990、「世界の被害地震の表」(注：<http://iisee.kenken.go.jp/utsu/index> で最新のWEB版が利用できる)。
3. Harvard University, <http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html>
4. 須藤研、1987、「エジプト国・第三回地震学セミナーについて」、地震工学振興会ニュース、96、10-14.
5. 中村正夫・羽田敏夫、1990、「エジプトとの共同観測プロジェクト(地震観測網設置のための予備観測)」、地震工学振興会ニュース、113、25-30.
6. 須藤研、緑川光正、エジプト第三国研修(地震学)第一回セミナーの報告、地震工学振興会ニュース、124、62-67、1992.

7. 国際協力事業団、エジプト地震(1992年10月12日)国際緊急援助隊専門家チーム報告書、1993.
8. Japan International Cooperation Agency, Report of Japan Disaster Relief Team (Exper Team) on the Earthquake in in Arab Republic of Egypt of October 12, 1992, 1993.
9. 古川信雄、1993、「エジプト国との「地震学研究協力」と「第三国研修(地震観測)」」、地震工学振興会ニュース、131.
10. 横山泉、1995、「エジプト滞在記(国立天文・地球物理研究所の1年)」、地震工学振興会ニュース、142、41-46.
11. 藤井陽一郎、1998、「日本・エジプトの「地震学研究協力」の5ヶ年と中東のテクトニクス」、地震工学振興会ニュース、158.
12. 中村正夫、羽田敏夫、瀬戸憲彦、橋本信一、小林勝、1999、「エジプト地震学研究協力 エジプト国地震活動評価のための共同研究プロジェクトに関する技術協力 ハルガダ地震観測網設置」、東京大学地震研究所技術報告、4、7-65.
13. Hurukawa, N., N. Seto, H. Inoue, K. Nishigami, I. Marzouk, A. Megahed, E. M. Ibrahim, H. Murakami, M. Nakamura, T. Haneda, S. Sugiyama, T. Ohkura, Y. Fujii, H. M. Hussein, A. S. Megahed, H. F. Mohammed, R. Abdel-Fattah, M. Mizoue, S. Hashimoto, M. Kobayasi and D. Suetsugu, 2001, 「Seismological Observations in and around the southern part of the Gulf of Suez, Egypt」, Bulletin. Seismological Society of America, 91, 708-717.

