

2003年アルジェリア北部の地震 報告1：調査と被害の概要

濱田政則¹⁾、後藤洋三²⁾、田蔵隆³⁾、竹内幹雄⁴⁾、小野祐輔⁵⁾、吉田雅穂⁶⁾

1) 早稲田大学理工学部、教授

e-mail: hamada@waseda.jp

2) 防災科学技術研究所 川崎ラボラトリー 所長

e-mail: gotoyozo@mti.biglobe.ne.jp

3) 清水建設㈱技術研究所 部長

e-mail: tazoh@sit.shimz.co.jp

4) ㈱奥村組技術本部、技術部長

e-mail: oku04322@gm.okumuragumi.co.jp

5) 京都大学大学院都市社会工学専攻、助手

e-mail: ysk@quake2.kuciv.kyoto-u.ac.jp

6) 福井工業高等専門学校環境都市工学科、助教授

e-mail: masaho@fukui-nct.ac.jp

要約

2003年5月21日19時44分アルジェリアの首都アルジェの東方約40kmを震源とするマグニチュード6.8の地震が発生した。崩壊建物19,000棟以上、死者2,200名以上の大災害となった。日本地震工学会、土木学会、建築学会および地盤工学会の4学会は、合同で大地震による被害調査を実施することとし、6月24日より3日間2名による先遣隊を、さらに7月14日より5日間、10名の団員で構成される調査団を現地に派遣した。アルジェリア政府の関係機関、日本大使館および現地日本企業事務所の職員の協力を得て、被害の現状と被害原因等の分析を行った。本文は先遣隊および本隊による調査結果を速報としてまとめたものである。

キーワード：アルジェリア北部地震、地震のメカニズム、建物、強地震動液状化

1. アルジェリアの地勢および気候

アルジェリアは、スーダンについてアフリカ第2の大きな国土（総面積238万1741km²）をもつ。北は地中海、西はモロッコ、東はチュニジア、リビアに接し、南は広漠たるサハラ砂漠である。地中海に平行して東西にエル・アトラス山脈と、サハラ・アトラス山脈が走り国土を地中海沿岸、高原地帯、サハラ砂漠の3地帯に分けている。国土の70%が標高800～1,800mの高原であり、最高峰はアトラス山脈のジャバル・ジェリアで標高は2,536mである。国土の85%をサハラ砂漠が占め、人口の90%は、北部地中海地方に居住している。北部アルジェリアは温和な地中海性気候で、アトラス山脈によって、地中海から南下する湿気がくいとめられて雨になり、サハラから北上する乾燥した風はさえぎられる。地味の肥えた耕作に適した地帯で、ブドウ、オリーブ、柑橘類などの栽培が行われている。気温は、冬期で10度前後夏期で20度前後と言われているが、調査時は熱波の襲来もあり35度以上を記録していた。

雨期は12～3月。内陸部高原地帯は気温の格差が激しく、冬は4度前後、山間部では降雪を見る。夏は30度に達する。最高は50度以上になることも多い。



図1. アルジェリアと地震による被害の発生地域

図2に震源域近傍の地質と地形を示す。ほとんどが山岳地と砂丘で構成され、河川の流域には氾濫原が形成されている。

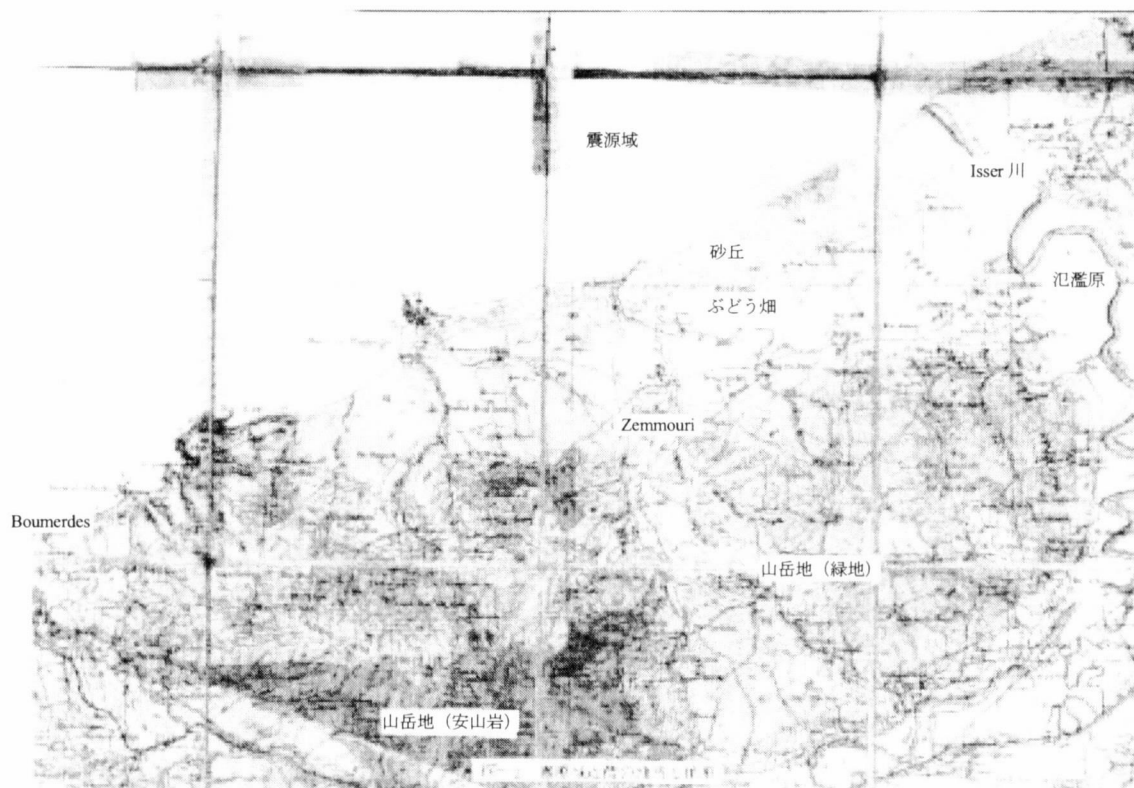


図2. 震源域近傍の地質と地形

2. 地域の地震活動度と地震発生のメカニズム（報告2参照）

アルジェリア北部の地中海沿岸地域は、地震活動が活発な地域であり、過去にも被害地震が発生している。この地域では、アフリカプレートがユーラシアプレートに接触しており、アフリカプレートが北西方向に年間 6mm 程度の速さで移動している。¹⁾ このため、この地域には圧縮力が働いており、横ずれ型断層および逆断層による地震がたびたび発生している。今回の地震は、観測された波形のインバージョン結果や余震分布等から逆断層型であると考えられている。

アルジェリア北部で発生した被害地震としては、1980 年の El Asnam 地震 ($M_s=7.3$) 以降、1985 年 Constantine 地震 ($M_s=6.0$)、1989 年 Tipasa 地震 ($M_s=6.0$)、1994 年 Mascara 地震 ($M_s=6.0$)、1996 年 Algiers 地震 ($M_s=5.7$) などがある。²⁾ 中でも 1980 年 El Asnam 地震では、5,000 人以上の死者が発生した。¹⁾

本地震の諸元は以下のように推定されている。

地震モーメント $M_0 = 2.3 \times 10^{19}$ Nm ($M_w 6.9$)

波形継続時間 $T = 18$ s;

(走向, 傾斜, すべり角) = (54, 47, 86)

震源: (緯度 = 36.89N, 経度 = 3.78E, 深さ = 10km)

(震央は米国地質調査所が決定した値を使用)

八木⁴⁾によれば、破壊は主に南西方向に約 30km、北東方向に 20km 伝搬している。解析結果より、二つのアスペリティ（すべり量の大きな領域）があることがわかる。最大すべりは 2.3m で、地表付近に位置している。

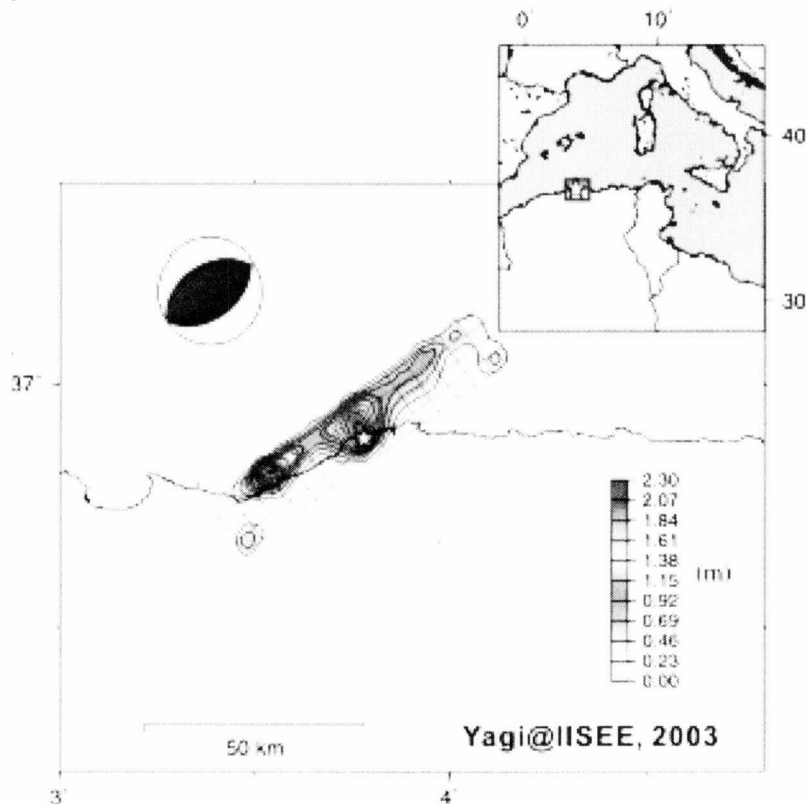


図3. 震源インバージョンの結果（八木⁴⁾）

3. 被害の概要

アルジェリア内務省（5月30日発表）およびCGS（National Center of Applied Research in Earthquake Engineering）が現時点でまとめた被害の概要は以下の通りである。

死者	2,266人
重傷および軽傷者	10,000人以上
行方不明	11,450人
家を失った人	182,000人
崩壊建物	19,000棟
直接被害総額	約6,000億円

被害はブーメルデス県（Boumerdes）の広範囲の地域に発生しているが、特に甚大な被害を受けたのはブーメルデス市およびゼムリ市（Zemmouri）であり、被害の概要は以下のようである。

ブーメルデス市：死者955人、1,200人以上が行方不明。民間アパートの崩壊、1,200世帯の公営アパートが被災した地区。

ゼムリ市：人口約2万人の小さな町であるが、特に甚大な被害があった。竣工直後の公営アパートが大崩壊した。町の9割近い建物が崩れたという報道がなされているが、詳細な統計は現在とりまとめ中である。

本調査ではブーメルデス市において、常時微動観測による地盤の卓越周期の推定および電柱の損傷程度による地震動強度の推定を行い（報告3参照）、建物等の被害に対するローカルサイトエフェクトを調査した。

また、Isser（イッサー）川およびSebaou（セバウ）川河口付近では大規模な液状化が生じ、流動によって橋脚基礎が約50cm移動した（報告4参照）。

4. 観測された地震と特性

アルジェリアには335個の加速度計の観測ネットワークが構築されている。地震発生後、14の移動観測点が設置され、余震観測を行っている。図4および表1は主な観測点の位地および震源距離と最大加速度を示している。この表を見る限り、いずれの観測点においてもN-S成分に比べて、E-W成分が大きくなっている。KEDDARAが震源からもっとも近い観測点であり、ここではKEDDARAダムの周囲でアレー観測が行われている。

表1. 観測された加速度の最大値と震源距離

Name of station	D(km)	E-W (g)	N-S (g)	V (g)
KEDDARA No.1	20*	0.34	0.25	0.26
KEDDARA No.2	20	0.58	0.22	0.35
DAR EL BEIDA	27*	0.52	0.46	0.16
HUSSEIN DEY	35*	0.27	0.23	0.09
KOUBA	40*	0.31	0.16	0.15
TIZI OUZOU	50*	0.2	0.19	0.09
BLIDA	70*	0.05	0.04	0.03
AZAZGA	75*	0.12	0.09	0.05
EL AFROUN	80	0.16	0.09	0.03
TIPAZA	95*	0.03	0.03	0.014
HAMMAM RIGHA	110*	0.1	0.07	0.06
MELIANA	125*	0.03	0.016	0.026
BOUMERDES	5	0.29	0.13	0.40

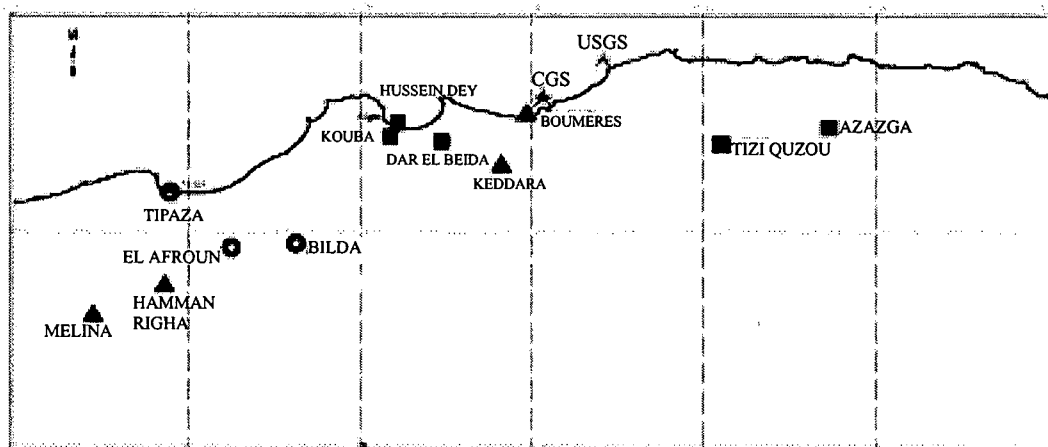


図4. 地震動観測点の位置

図5は震源からおよそ20km離れた KEDDARA で観測された加速度時刻歴である。

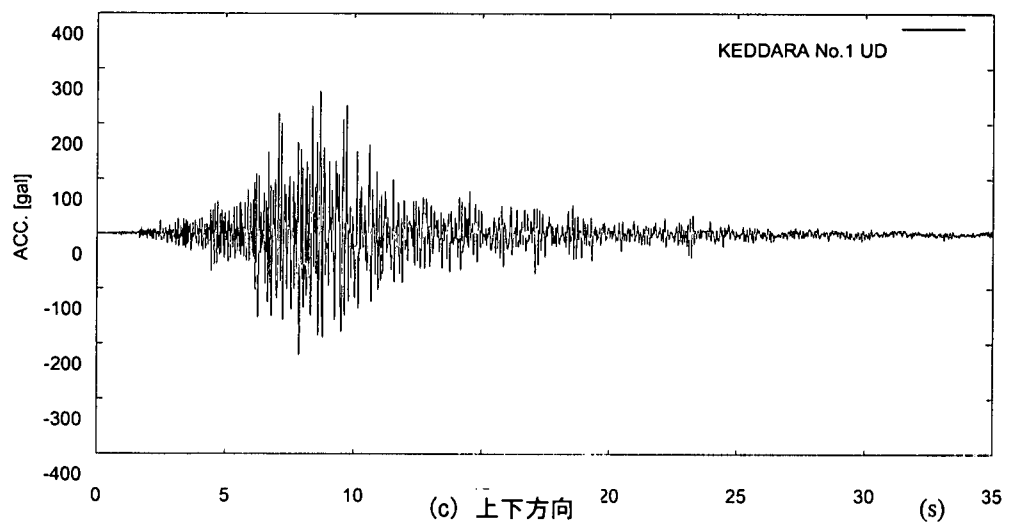
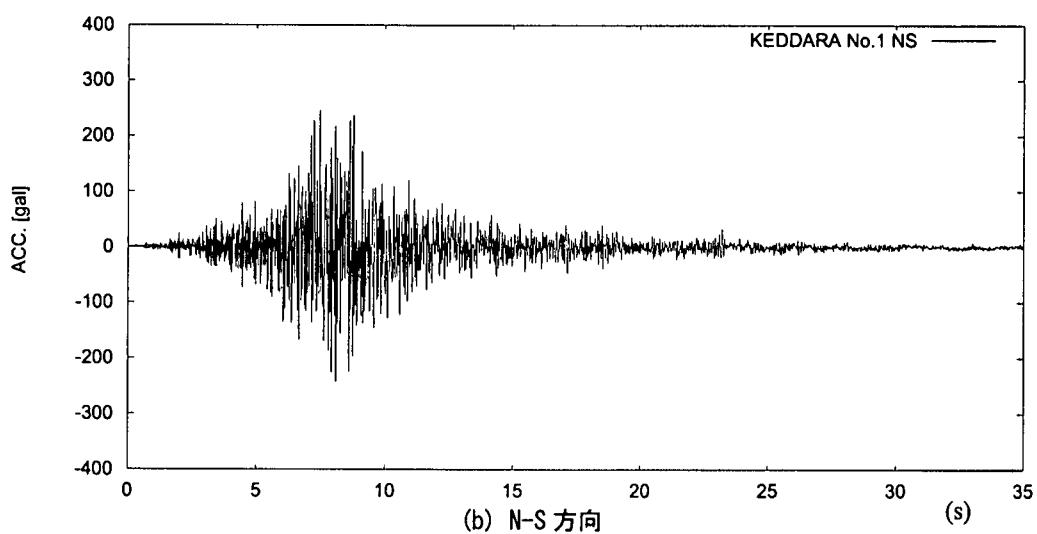
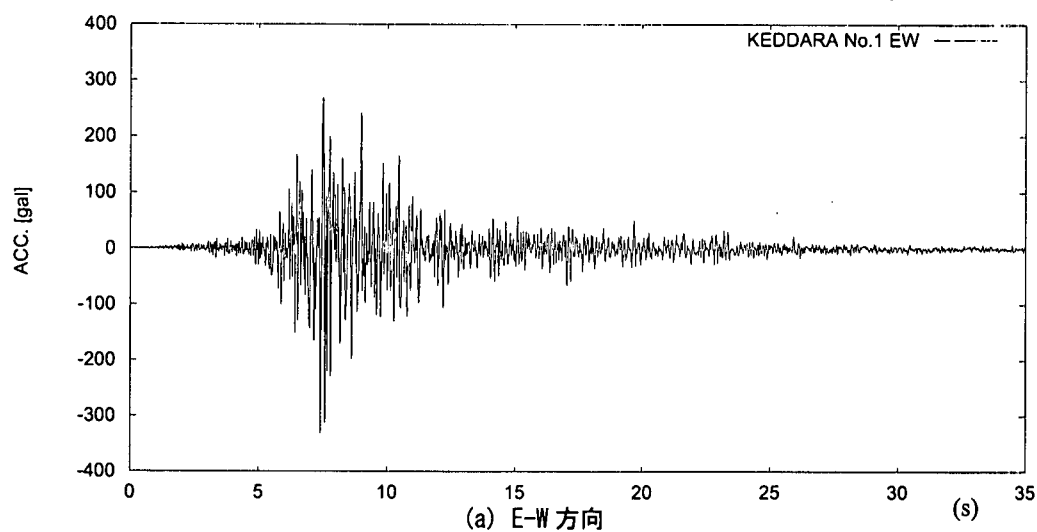


図5. KEDDARA で観測された加速度記録

KEDDARA(No.1)記録の 5 パーセント減衰応答スペクトルである。いずれの成分も卓越周期は極めて短周期であるが、EW 成分は 0.2 秒付近と他の成分よりも長周期側で卓越している。

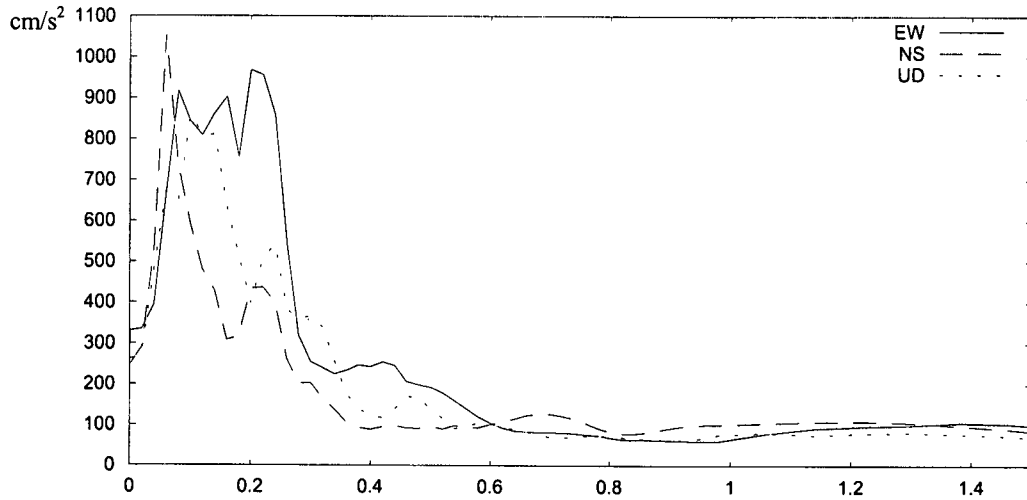


図 6. KEDDARA 観測記録 加速度応答スペクトル

あとがき

本文は土木学会など 4 学会の合同による調査結果の概要をまとめたもので、より具体的な報告は、以下の一連の報告、報告 2：地震の概要および建物被害、報告 3：被害の概要、報告 4：Boumerdes での被害分布について、報告 5：液状化・流動と構造物の被害、報告 6：病院建物の被害、を参照されたい。合同調査の報告は 9 月中旬に英文で刊行する予定であり、報告書の全文は土木学会および日本地震工学会のホームページにも掲載する予定である。

本調査に際して、アルジェリア CGS、CTC(Organisme National De Controle Technique De La Construction、CRAAG(Centre De Recherche En Astronomie Astrophysique Et Geophysique)、日本大使館および日本企業アルジェ事務所職員の絶大な協力を得た。特に CGS 所長 Dr. Belazougui の支援に深甚なる謝意を表す次第である。CGS、CTC との会合ではアルジェリアと日本の今後の地震防災分野での協力の方法等についても話し合われたが、4 学会による本調査が両国の協力関係構築のための第一歩となれば幸いである。

付録 アルジェリア地震調査団の構成と調査活動

(1) 先遣隊

<u>構 成</u>	後藤 洋三	防災科学技術研究所 川崎ラボラトリー
	田蔵 隆	清水建設(株)技術研究所

調査活動

2003 年 6 月 24 日～6 月 26 日

ブーメルデス県を中心に被災地の状況を調査するとともに、CGS(National Center of Applied Research in Earthquake Engineering)、CTC(Organisme National De Controle Technique De La Construction)および CRAAG(Centre De Recherche En Astronomie Astrophysique Et Geophysique)等から情報収集を行い、本隊による本格調査のための予備調査を実施した。

(2) 本隊

<u>構 成</u>	濱田 政則	早稲田大学理工学部
	目黒 公郎	東京大学生産技術研究所
	宮島 昌克	金沢大学工学部
	小長井一男	東京大学生産技術研究所
	竹内 幹雄	㈱奥村組技術本部
	小野 祐輔	京都大学大学院
	吉田 雅穂	福井工業高等専門学校
	K. E. RAMDANE	(独)建築研究所
	N. B. S. ACHOUR	金沢大学工学部
	F. ELKHOLY	東京大学生産技術研究所

調査活動 2003年7月14日～7月18日

- ・ブーメルデスおよびビムリ地区を中心とした被災状況、特に i) 建造物の被害に与える地形・土質条件の影響、ii) 液状化の状況と橋梁基礎への影響、iii) ライフラインの被害と復旧状況、の調査を行った。地形・土質条件が地震動特性に与えた影響に関しては、多数の観測点において微動観測を実施した。また、電柱基礎の変状状況の調査よりローカルサイトエフェクトの検討を行った。
- ・CGSをはじめとするアルジェリア関係機関と数度に亘る会合を開催して被害原因の分析結果に対する意見交換を行うとともに、今後の地震防災分野における日本-アルジェリア両国の協力の方法について意見交換を行った。

参考文献

- 1) U.S.G.S. Earthquake Hazard Program: http://neic.usgs.gov/neis/bulletin/03_EVENTS/eq_030521/
- 2) Ayadi Abdelhakim, Assia Harbi and Benouar Djillali: Seismicity of Algeria, <http://www.ictp.trieste.it/~attia/algeriaseis.htm>
- 3) 国際協力事業団：アルジェリア地震日本政府派遣技術協力チーム報告書，1981
- 4) 八木勇治： <http://iisec.kenken.go.jp/staff/yagi/eq/algeria20030521/algeria2003521-j.html>