

# 東南アジアの物理探査動向

大久保 泰・邦<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

東南アジアにおいては鉱物資源、石油資源、地熱資源などの探査が盛んである。東南アジアの多くの国の基盤産業が資源開発であることを考えればもったもなことである。また近年では地震や火山の災害調査や、開発に伴って悪化する環境の保全に関する調査も増加している。

これらの調査では地質・地化学調査の他に、重・磁力探査、弾性波探査、電磁気探査、地震観測などのいわゆる物理探査が行われている。

資源探査には物理探査が不可欠である。しかし東南アジアでは資金のかかる物理探査を先進国に依存してきた経緯がある。そのため地球物理学者は少なく、データも図面だけがある場合が多い。

私がCCOP(東・東南アジア沿岸・沿海地球科学計画調整委員会)事務局(バンコク)で1993年10月26日から1995年10月25日まで勤務する間、物理探査データを捜し続けた。地球物理学者と呼ばれる人の数は少なく、そのためデータもさほど多くないと思っていた。ところがいくつかの国を訪問するにつれ予想以上に多くのデータがあることが分かった。また多くの地球物理学者にも会うことができた。

1995年2月に第8回東南アジアにおける地質、鉱物資源、エネルギー資源の広域会議(GEOSEA)がマニラで開催された。主な参加者は東南アジアの地質学者である。その中で地球物理のセッションがあった。東南アジアには地球物理学者の数から考えて参加者は少ないと思っていた。ところが会場は立ち見ができるほどの盛況で、質疑応答も活発であった。

1996年3月に行われた国際シンポジウム「東南アジアにおける地球物理学データの編集と解析技術」

(主催者:通商産業省工業技術院, 企画実行:地質調査所および新エネルギー・産業技術総合開発機構。以下「1996年国際シンポジウム」)がつくばで開催され、また東南アジアからの参加者を中心とした現地研究会も併せて箱根において開催された(写真1)。これは東南アジアにおける広域地球物理学データの収集および編集状況、要求される技術について現状を報告検討し、国際協力の必要性と可能性を議論することを目的とする研究集会であった。参加者は日本、韓国、中国、ベトナム、タイ、マレーシア、インドネシア、パプアニューギニア、フィリピン、バングラデシュからの地球物理学者であり、講演件数は15件であった(通商産業省工業技術院, 1996)。講演の他に東南アジアにおける広域地球物理学データの編集図作成と解析技術の導入を目的とした新規プロジェクトについても議論し、活発な意見が交わされた。これは初めての日本で開催された東南アジアの地球物理学者の研究集会であったと思う。

東南アジアの国々の経済力が増すにつれ、物理探査の専門知識を有した人々が多くなった。東南アジアにおいては物理探査に携わる人々の専門はさまざまである。物理探査を専門とする人の他に、地質が専門であるが、コンピュータに関する知識を有し、物理探査データの処理、図化などの作業を行う人や、コンピュータの専門家などがある。これらの人々が増加するに伴って物理探査のデータ処理や解析を自国民でやれるレベルにまで達してきた。

ここでは東アジアを含めた東南アジアの国情に触れながら、物理探査活動の一部を紹介したい。また最後に地球物理学の分野で東南アジアのニーズに応じて何ができるかを考えてみたい。

1) 地質調査所 地殻物理部

キーワード: 東南アジア, 物理探査, 韓国, 中国, ベトナム, カンボジア, タイ, マレーシア, インドネシア, パプアニューギニア, フィリピン, バングラデシュ

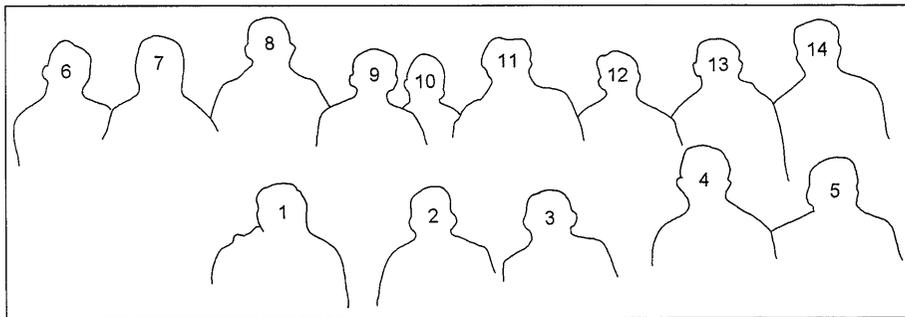


写真1 国際シンポジウム「東南アジアにおける地球物理学データの編集と解析技術」(平成8年3月25日—28日)の参加者たち。箱根大涌谷にて(国際協力室 廣山禎子提供)。

- 1.杉山茂夫(神奈川県温泉地学研究所), 2.竹内圭史(地質調査所), 3.Bundan Mubroto(インドネシア), 4.Gao Renzai(中国), 5.Yao Jingjin(中国), 6.石原丈実(地質調査所), 7.Jamaludin Othman(マレーシア), 8.Nathan Mosusu(パプアニューギニア), 9.Amnuaychai Thienprasert(タイ), 10.Yeong-Sue Park(韓国), 11.著者, 12.Mohammad Nurul Hasan(バングラデシュ), 13.Angel A. Bravo(フィリピン), 14.Nguyen Tran Tan(ベトナム)。

## 2. 東南アジアの地球物理学者と物理探査

### 2.1 韓国

私と最も親交のある韓国人地球物理学者は韓国資源研究所に勤めるYeong-Sue Park氏である。彼は石原丈実氏(地質調査所)が行った東南アジア磁気異常の編集プロジェクトのメンバーでもあった。

私が1995年に韓国資源研究所を訪れた時、彼はちょうど地下水探査で出張に行っており、会うことはできなかった。この時は干ばつが北半球全体の問題

となっており、韓国でも物理探査やボーリング掘削などの地下水調査を大々的に行っていた。

彼はその後1996年国際シンポジウムに参加し、自分の講演以外に韓国資源研究所を紹介する講演を行った。この中で「どうしたら地質調査関係機関が生き延びられるか考えよう。」と持ちかけた。

彼は真剣であった。それもそのはず、韓国資源研究所の制度が変わって、自分の給料は自分達のプロジェクト費から捻出しなければならなくなったのである。そのためか、私がCCOPに勤務していた時の

やはり韓国資源研究所に勤めるカウンターパートはさっさと大学に席を移してしまった。

1996年には地質調査所と韓国資源研究所の間で共同研究体制を作ることが合意される。韓国の物理探査技術のレベルは日本と肩を並べるまでになっている。従って物理探査分野での共同研究の内容は技術移転ではなく、対等の立場で行う共同開発である。Yeong-Sue Park氏と我々は地球物理データの編集を行う提案をした。どうしたら生き延びられるか。Yeong-Sue Park氏はこのプロジェクトに賭ける意気込みである。

## 2.2 中国

中国は先進国の技術を積極的に取り入れようと努力している。新しい技術に関しては非常に関心が高く、彼らは最先端の機器を先進国から輸入し、それをを用いて調査する。ドイツからカラー図出力用のソフトウェアを購入し、それを中国語用に改良して利用する(写真2)。私が広州の海洋地質調査所で講演を行った時の質問は、もっぱら物理探査データの処理、解析技術に関するものであった。技術を自分のものにして活用しようとする精神は戦後の高度成長時代に日本が積極的に先進国の物理探査技術を導入したことと共通するところである。

中国は天然資源が豊富であるがゆえにその探査に力を入れており、研究者の数も日本の10倍以上いるものと思われる。事実1996年8月に北京で開催された国際地質学会では中国からおびただしい数の地球物理に関する研究発表があった。

磁気探査は1953年以来行われており、現在までの実績は陸域で測線長1,500万キロメートル、面積は中国本土の88%に当たる841万平方キロメートルである。この他に海域でも面積220万平方キロメートルの磁気探査を行っている。

磁気探査データは石油資源探査、鉱物資源探査などに利用されている。1996年国際シンポジウムでは中国地質鉱産部から2人の地球物理学者、Gao Renzai氏とYao Jingjin氏が来日し、磁気探査は石油探査において有望地域の抽出の最有力手法として活躍し、鉱物資源探査では80%の鉄鉱床を発見したという報告を行った。また磁気異常データを用いてキュリー点解析を行い、堆積盆地の温度勾配を求めている。

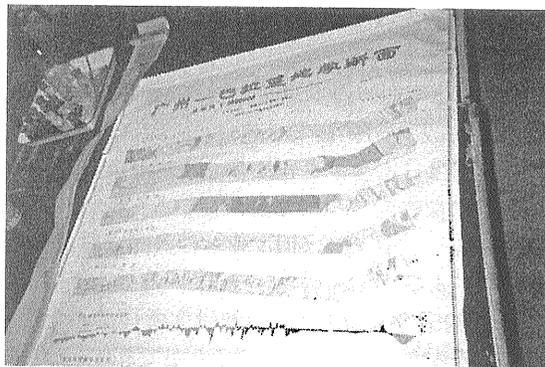


写真2 中国の物理探査データの出力例。外国製出力用ソフトを中国語用に作り直して利用している。

重力の測定点は中国地質鉱産部が取得したもので30万点にのぼる。これらは20万分の1にまとめられ、面積300万平方キロメートルの中国全土をカバーする。

公表されている中国の地球物理学データは非常に少ない。Gao Renzai氏とYao Jingjin氏は1996年国際シンポジウムで中国全土をカバーする重力図と磁気異常図を示した。彼らの話では磁気異常図は1980年代に400万分の1で出版されているという。しかし日本では手に入り難い代物である。

中国は東・東南アジアで最も広い国土を持つ国であり、多くの研究者が広大な中国各地で働いている。中国との共同研究をする場合、まず中国内の最新事情を掌握しておくことが効率よく仕事を進める上で重要なことになろう。

## 2.3 ベトナム

1994年にベトナムの首都ハノイを訪れた時は、町は自転車やバイクが走り回っており、賑やかであった。旅行者も多く、一流ホテルは満員であった。物資が町中に溢れ、商店街は買い物客で賑わっている。

たくさんの物資が町中に溢れている中で、資源探査データやそのデータ処理のためのコンピュータもベトナム地質調査所、ベトナム石油研究所を中心に整備されている。しかし、探査機器は旧式であり十分とは言えない。ベトナム地質調査所の情報センターでは多くの旧ソ連や旧チェコスロバキアなどの共産主義国製の機器とわずかの自由主義圏製の機器が稼働している。前者は旧式であり、そばにあった

つい最近購入したという日本製の機器がやけに立派に見えた。

探査には巨額の資本が必要であるため、データ取得のほとんどが外国資本で賄われている。石油探査については日本企業を含め多くの外国企業が海域を中心に探査活動を繰り広げている。陸域の天然資源に関しては、恐らく旧ソ連との共同で作成した資源図がある。

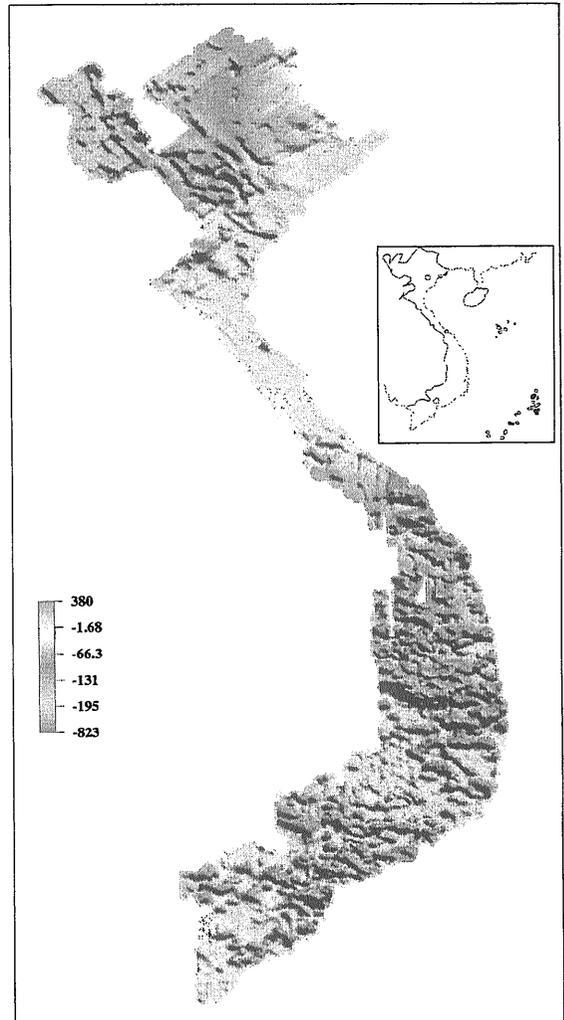
私が1994年にベトナム石油研究所に訪れた際、日本の技術援助の成果を見ることができた。これはベトナム石油研究所とハノイ大学で共同開発した熱伝導率測定機であり、松林 修氏(地質調査所)の地殻熱流量データ編さんのプロジェクトの成果の一つである。石油探査にとって、地殻熱流量は石油の有無、油田かガス田かを左右するファクターとなる。ベトナム石油研究所の研究では、 $130\text{mW}/\text{m}^2$ が油田とガス田の境界となった。

ベトナムには天然資源探査などに従事する地球物理学者は多く、ベトナム物理探査学会もある。その会長はベトナム地質調査所に勤めるTang Muoi氏である。1996年3月にはベトナム物理探査学会主催で国際地球物理学会を行った。開催前は資金集めが大変だったらしく、Tang Muoi氏から私個人に支援金を要求する手紙が届いた。手紙には振込先の口座番号まで記してある。しかし国際学会は盛況のうちに無事終了したようである。参加者は40カ国から300名以上、発表論文数は100件以上であった。Tang Muoi氏は、過去40年の間にベトナムの物理探査技術は着実に進歩し、機材の近代化や物理探査専門家の育成を行うことによって近い将来先進国に追いつくと述べている(Tang Muoi, 1996)。

重・磁力探査データはそろっており、今後の課題はこれらの解析である。磁気探査は1961年から旧ソ連の専門家の助けを借り、対地高度一定の低空飛行で測線間隔2kmで行われた。現在地形が急峻な地域を除きベトナム全土の陸域の調査を終了している(第1図)。これは20万分の1の磁気図としてまとめられた。これよりさまざまな地体構造や火山活動を読み取ることができる。しかし解析技術が十分ではなく、今後の技術協力が必要であると感じた。

## 2.4 カンボジア

国連の仲介による和平協定が1991年に締結され、

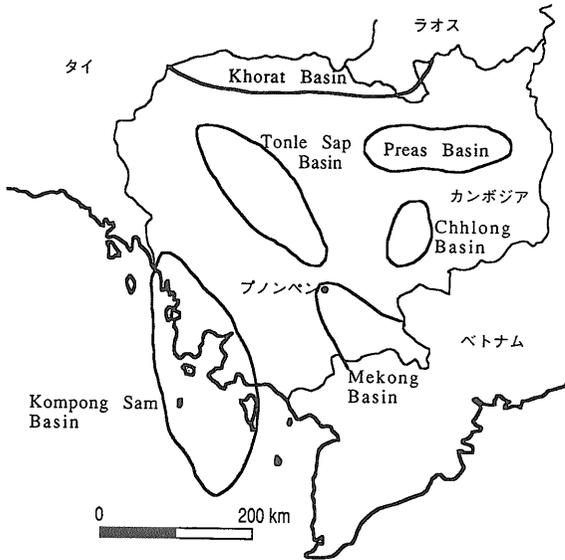


第1図 ベトナムの空中磁気図(原図はカラー)

13年におよぶ内紛が終結した。

1994年にカンボジアの首都プノンペンに私が訪れた時は、すでに町の中央にマーケットができ、物資の売買で賑わっていた。日本の電気製品も数多く店頭に並んでいる。住民の主な交通手段は自転車とバイクであるが、自動車も多く、その多くが日本製である。新しいホテルも完成しており、外国人にとって全く不自由ないホテル暮らしができる。食事の質も高いものであった。1995年12月のニュースでは町の中央にあるマーケットが改築され、きれいになったとのことである。プノンペンの町は現在もどんどん発展しているのであろう。

しかし長い内戦の陰はいたる所に見られる。プノ



第2図 カンボジアの堆積盆地

ンペンの町では道路、上下水道、電気、電話などのインフラは整備されつつある。ところがプノンペンの外は道が穴ぼこだらけで、車での移動は不可能な状態で、復旧は進んでいない。

カンボジアのもう一つの大きな悩みは人材不足である。ポルポト政権時代、資本家や知識人が大量に虐殺されたと聞く。カンボジア地質鉱物資源局にもほとんど人がいない。ここにいる研究者の多くはポルポト政権時代にたまたま海外にいた人々である。さまざまな分野で人材が不足しており、人材育成がこの国の最大の課題となっている。

カンボジアの天然資源の調査はこれからである。カンボジアにはまだ知られていない石油などの天然資源が豊富にある。陸域の6つの堆積盆地(第2図)は、数年前に石油有望地域と判断された。しかしこれらの堆積盆地は全く未調査であるといつてよい。資金や人材が不足しているためカンボジア独自で調査する余裕はない。また他国が資金を提供して調査しようとしても危険であるため十分な調査が行えない。

## 2.5 タイ

1996年国際シンポジウムにはタイ資源局から Amnuaychai Thienprasert氏が出席した。彼は1980年頃高島 勲氏(秋田大学)や河田清雄氏(元地質調査所)がタイの地熱開発プロジェクト(高島・

河田, 1981; 河田・正井, 1982)を行った時に協力してくれた。

タイの重力データはさまざまな機関が主に石油探査を目的として取得している。これらは未公表のものが多い。しかしタイ資源局では大学と協力してタイ全土のブーゲ異常図を作成する計画である。

磁気探査は主に石油探査を目的として1954年から開始され、100万分の1の磁気異常図(Department of Mineral Resources, 1989)としてまとめられた。タイ資源局は1984年から5年計画で、主に鉱物資源探査を目的とした空中物理探査プロジェクトを実施した。このプロジェクトでは放射能探査(Tulyatid, 1992)、空中磁気探査(Rakusakulwong and Subprinyaporn, 1992)、VLF-EM(Subprinyaporn and Luengingkasoot, 1992)、電磁法探査(Kutikul and Raksakulwong, 1992)が行われた。

タイでは地盤沈下、海岸侵食、河川の汚染などのさまざまな地質学的環境破壊が進行している(磯辺ほか, 1995; 大久保, 1996)。特に近年タイのみならず東南アジア各地でエビの養殖場建設のための海岸地域の改変が激しく、これが元で海岸地域の環境破壊が進んでいる。マングローブ林はエビ養殖場の適地である。そのため鬱蒼と生い茂っていた広大なマングローブ林があっという間に消滅する。

タイ資源局は海岸地域の変遷を調査し、環境破壊の実態調査、開発適地の選出、環境影響評価を行い、環境の維持が可能な持続的開発の計画立案に役立てている(Sinsakul, 1995)。物理探査はこの分野においても力を発揮できるはずである。

## 2.6 マレーシア

マレーシアは東南アジアでは最も開発が進んでいる国の一つである。しかし急速な発展はクアラルンプールの交通渋滞、地震被害を無視した高層ビル建設、人工物建設のための地形改変が原因となる地すべりや海岸地域の環境破壊などの弊害をもたらした。マレーシアに滞在中の1995年7月1日にクアラルンプールに近いジェンティング高原で地すべりが起こり、日本人を含む約10人の犠牲者が出た。道路建設のために土地を削ったり、盛土にしたりして地形を変形し、急傾斜地を人工的に作り出す。また雨が降ると土は水を吸い、膨張する。東南アジアは雨量が多く、人工的に作り出した急傾斜地は地



写真3 マレーシアにおける高層ビル内の地震観測。  
左からマレーシア科学大学のLap-Sau Leong氏、マレーシア地質調査所の専門家である本座  
栄一氏、マレーシア地質調査所のAskury Abd.  
Kadir氏。

すべりが起こり易い場所である。綿密な事前調査、設計、建設後の管理といったことが欠けていれば当然地すべりは起きる。

私がマレーシア第二の規模を誇るペナン島のマレーシア科学大学を訪れた時、中国系の地震学者Lap-Sau Leong氏に会った。彼は高層ビル内で地震の観測を行っている(写真3)。これはビルが地震の時どれ程揺れるかを観測しようというものである。マレーシアに被害をもたらす地震が起きるかどうかが非常に興味を持たれるところである。被害地震は絶対に起こらないとはいえない。少なくとも我々には感じられない微小地震は常に存在している。しかしマレーシアにおいて大きな地震が起こる確率は少ないであろう。そのため多くの高層ビルは耐震設計をしていない。彼は地震による被害を警告しているが、政府は耳を貸さないようである。高層ビル内での地震観測は予算獲得のためのアドバルーンであり、本心はマレーシア内の地震観測の予算を付けてほしいことのようにだ。帰国後の彼からの手紙にはマレーシアの地震観測を支援してくれるようにと記されていた。

マレーシアにおける重・磁力探査は石油、鉱物資源探査を目的として1950年代から開始された。1995年までに重力探査はマレー半島の45%、ボルネオ島北西部のサラワクの5%が終了したが、ボルネオ島北東部のサバでは約1,800の測定点があるに過ぎない。また磁気探査はマレー半島で7万2千平方キロメートル強(55%)、サラワクで2万2千平方キロメ

ートル強(30%)、サバで4万8千平方キロメートル(40%弱)の調査が終了している。サバではこの他に海域で2万1千平方キロメートル強の調査が行われた。Jamaludin Othman氏は、古くから調査は行われているものの全国カバーに至らない理由はジャングルなどのためにアクセスが非常に悪いためであることを強調していた。

マレーシア地質調査所の主な目的が錫鉱床などの鉱物資源探査から環境調査や地下水探査に移りつつある。マレーシア地質調査所の1994年の年報によれば、環境調査や地下水探査に物理探査が取り入れられている。

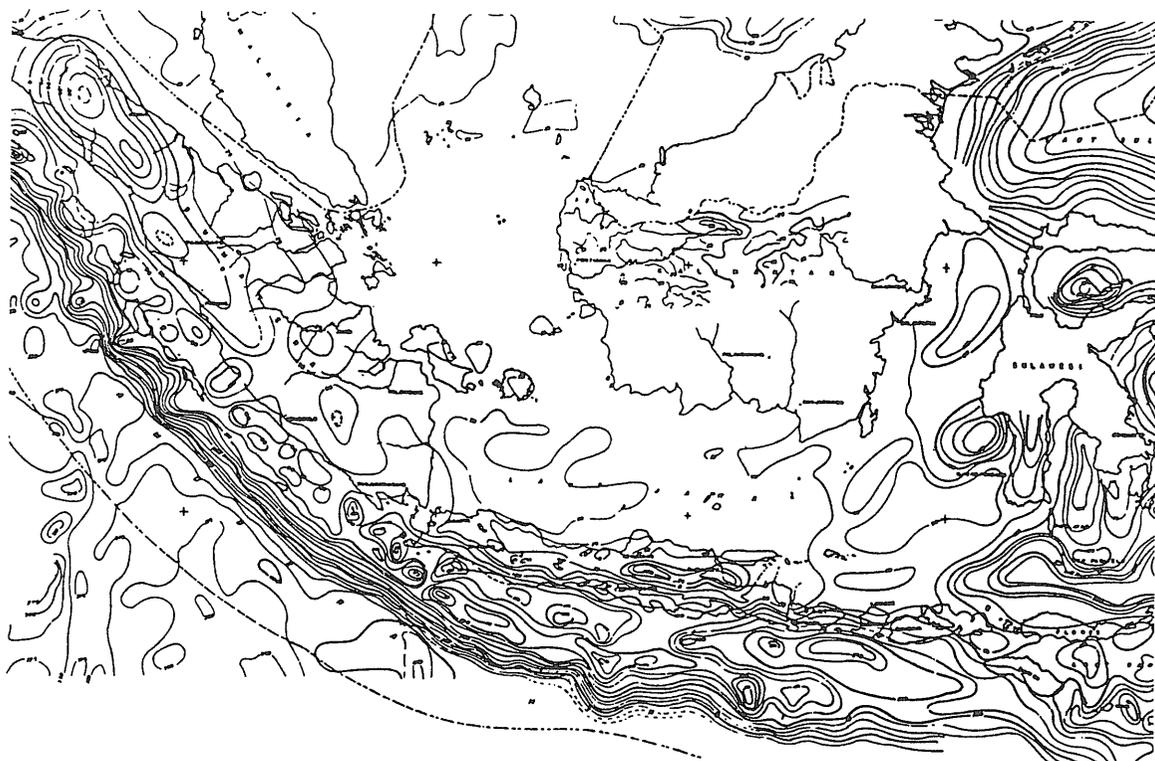
## 2.7 インドネシア

インドネシアの地形、地質は火山あり、地震ありで日本とよく似ている。ジャワ島の南沖には海洋プレートが大スンダ列島の下に沈み込んでおり、そのため地震や火山が発生する。

インドネシア地質研究開発センターなどの国立研究機関の多くはバンドンにある。バンドンは低地の暑さを避けて山間地に作られた町である。しかしこの山々は活火山なのである。バンドン市内から車で小一時間でその火口に着く。我々は雲仙のような例を知っており、いつ火山噴火が起こるか分からないと思うとバンドンはかなり危険な町である。

1995年にインドネシアを訪問した時に初めてイギリスのリーズ大学が行った東南アジア重力プロジェクトの存在を知った。このプロジェクトはいくつかの石油会社が協力して、地上の測定データに衛星データを加えて東南アジアの重力図を完成させることを目指したものである。これのアフリカ版も存在する(Hartleyほか、1996)。しかし最終成果のうち東南アジア全体の重力図は各協力機関に配られたものの、利用できるデジタルデータは自国分だけであり、東南アジア全体のものは配付されなかった。また東南アジア全体の重力図も許可がなければ公表できない決まりになっている。東南アジアの重力図が完成しても利用できないのでは余り意味がない。

1996年国際シンポジウムにはインドネシア地質研究開発センターからBundan Mubroto氏が出席した。彼は東南アジア磁気異常の編集プロジェクトの協力者でもあった。彼の報告によれば、重力探査は1965年に開始され、現在までにジャワ、マズラ島の



第3図 インドネシアの広域重力図 (Sobariほか, 1993)

ほぼ全域、それ以外の島の45%が終了し、10万分の1と25万分の1でまとめられている。第3図はこれらを編集して作成された広域重力図である。重力探査はジャングルなどのために効率が悪く、インドネシア全域を25万分の1でカバーすることは大変である。今後は空中物理探査を中心に行うことが望ましいとBundan Mubroto氏は発言した。また今まではデータ取得の作業に終始していたが、今後はデータの解析、解釈が必要になる。そのためデータの解析技術の移転を強く要望していた。

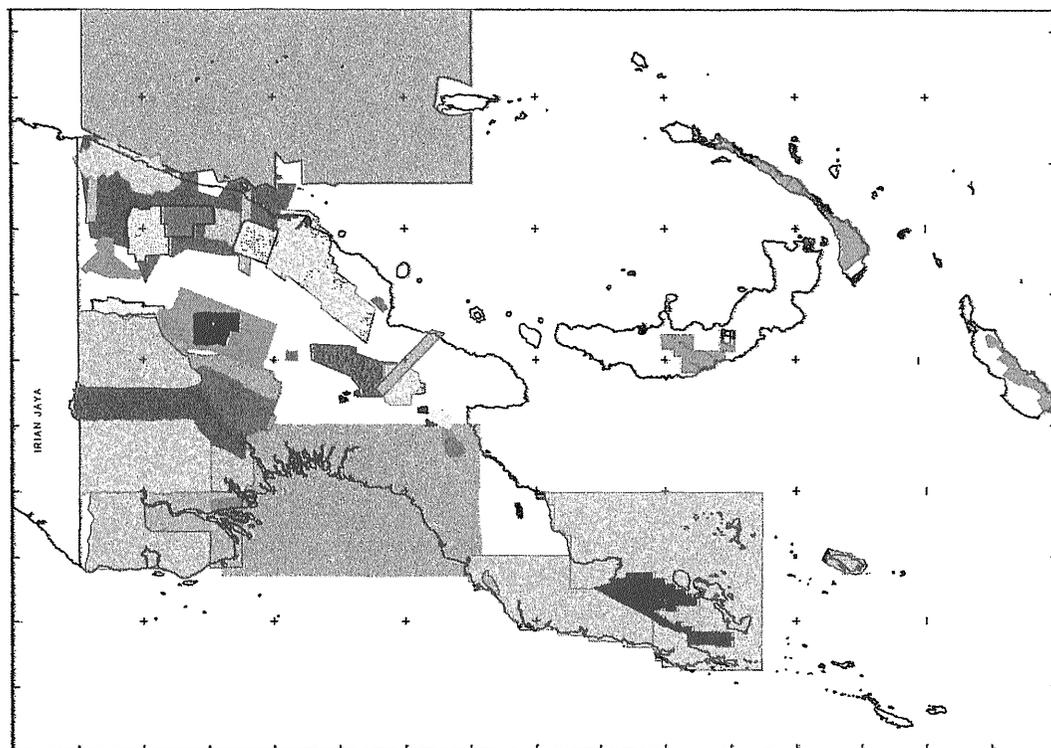
## 2.8 パプアニューギニア

首都ポートモレスビーにあるパプアニューギニア地質調査所はメラネシア系の人々の他にオーストラリアやイギリスからやって来た研究者も多い。研究所では現地の研究者が先進国の研究者から技術指導を受けながらプロジェクトを行っているようである。

1996年国際シンポジウムにはパプアニューギニア地質調査所からNathan Mosusu氏が出席した。

彼はパプアニューギニアの空中磁気探査の索引図作成について報告した。パプアニューギニアでは1975年の完全独立以前からさまざまな調査が行われていた。そのためまず既調査の索引図作りを行った。この作業だけでも多くの時間を費やした。その理由は人手不足、ソフトウェアやハードウェアの不足、データ読み取りに時間を要したことなどが挙げられる。索引図は完成し、その結果空中磁気探査については国土の60-70%がカバーされていることが分かった(第4図)。しかしパプアニューギニア地質調査所ではこれらのデータの一部しか保有していないことも分かった。

1996年8月に既に終了している東南アジア磁気異常編集プロジェクトの成果にパプアニューギニアのデータを加えてほしいという依頼の手紙が届いた。確か1996年国際シンポジウムでNathan Mosusu氏はパプアニューギニア全体の編集はこれからであると言っていたはずである。すでに編集作業が終了したということなのであろうか。それとも編集プロジェクトに参加しながらパプアニューギニアの磁気異常



第4図 パプアニューギニアの既存空中物理探査域を示す索引図(原図はカラー)

の編集作業をしようということなのか、とにかくパプアニューギニアのデータは東アジア磁気異常図(CCOP・地質調査所, 1996)に含まれていないため、この提案は大歓迎である。将来パプアニューギニアのデータ入りの東南アジア磁気異常図の出版が期待できる。

しかしパプアニューギニアと共同研究を行う場合厄介な問題がある。パプアニューギニアとの手紙のやり取りは時間がかかり、ファックス送信もスムーズにいかない。また国情が東南アジアの国々とは異なり、研究所の体制も我々が想像するものと大分違う。そのためパプアニューギニアとの国際協力が一番の問題は、コミュニケーションがうまくいかず相互理解が難しいことである。

## 2.9 フィリピン

フィリピンは急峻な山地地形の国である。ルソン島の北部の山岳地帯の鉱山をバスで巡見したことがある。マニラから北へ向かってバスに揺られ、一日かけてやっと鉱山の町バギオに着いた。途中はか

なり急峻な山地地形であった。フィリピンは火山も多く、日本とよく似てると思いながら、その夜はくたくたになっている体をバギオの町で休めた。翌日さらに北へ向かうのであるが、これがはるかに過酷な旅であることをこの時は知らなかった。翌朝バスが代わっている。座席にはクッションがなく、木製である。背もたれも木製である。かなり乗りごちが悪い。車といっしょに運転手も代わっている。後から聞いた話によると、フィリピン政府の運転手がバギオから先の運転を嫌がったため、民間のバスをチャーターしたのである。さて出発し山道に入って行った。驚いた。回りは崖である。道から下まで2-300mはあるうか。ここから落ちたら谷底までは一直線である。道は未舗装である。約150kmにわたって、断崖絶壁の山に等高線の傷を付けたような道を時速2-30kmの速度で移動した。ゆっくり走っているもののバスは揺れに揺れた。缶ビールを飲もうとしても口を飲み口にもっていけない。しまいにはビールがこぼれてしまって、結局飲めない。同行者達は「目的地はまだか、まだか。」を連発する。山地形と言っても日

本の比ではない。ここに高速道路を通そうとしたらすべて橋とトンネルである。工事もすべて難工事となろう。6時間かけてやっと目的地に着いた。明日は同じ道を引き返すという。苛酷な巡見であったが、フィリピンの山地形の厳しさを体で教えられたいい経験であった。

フィリピンは火山国でもある。そのため火山による災害も多い。火山による災害には、火山噴出物が直接民家を襲うものと、火山灰などが川の氾濫や風によって運ばれて起こる二次的なものがある。桜島の火山灰は二次的な災害の例である。風向きによって鹿児島市内にも降下し、市民の生活を苦しめている。

ピナツボ火山はマニラの北西約90kmに位置する現在も活動を続ける活火山である。1991年には大噴火を起こし、多くの人命が失われた。しかし本当の災害は大噴火が起きた後に起こった。この地域の降水量は年平均3,800mmと非常に多い。この70%が6月から9月の雨期に降る。そのため雨期に入ると火山灰のような軽い火山噴出物が川に押し流されて泥流となって移動する。流れが緩やかになる所では移動した火山噴出物が堆積し、10mもの厚さに達してしまっただけでなく、そのため川沿いの民家や田畑はこの火山噴出物に埋もれてしまっている。多くの人々がこの下に生き埋めになった。現在でも行方不明のままの人が多く、死亡者数は確定できていない。

1996年国際シンポジウムにフィリピン鉱山地質局のAngel A. Bravo氏が参加した。彼は私がコーディネータを勤めた地球科学編集図作成プロジェクト(脇田, 1995)の参加者でもある。彼にはこのプロジェクトの3度のワーキンググループ会議で多大な協力をして頂いた。

私がフィリピン鉱山地質局を訪れた時、彼の率いる研究者が物理探査データのデジタル化を盛んに行っていた(写真4)。1930-35年の鉱山開発ブーム以来さまざまな物理探査が行われた。その主なものは重・磁力探査であった。1960年代からは石油探査を目的とした屈折法や反射法の地震探査も行われるようになった。フィリピンはこれから金鉱山の開発が盛んになることが予想され、今までに蓄積された物理探査データの解析が必要になる。データの整理、データ取得や解析を行う研究者の育成がこれからの課題であるとAngel A. Bravo氏は語る。

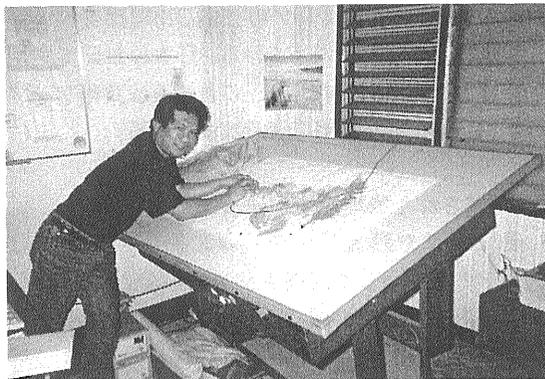


写真4 フィリピン鉱山地質局における物理探査データのデジタル化。作業を行っているのはMarcelo M. Alilio氏。

## 2.10 バングラデシュ

JICA専門家として農業の分野でバングラデシュで勤務していた九州大学の緒方一夫氏はバンコクへの健康回復旅行で私にバングラデシュの空中磁気図(Rahmanほか, 1990)を土産に持って来てくれた。これは米国地質調査所の協力を得て出版した100万分の1の図面である。米国の全面的な協力を受けているとしても、空中磁気図がバングラデシュにあるのを見て私は驚いた。

1996年国際シンポジウムにはバングラデシュ地質調査所のMohammad Nurul Hasan氏が出席した。実は彼を招待するにあたり国際協力事業団のバングラデシュ事務所にお世話になった。というのもバングラデシュ地質調査所にはファクスがなく、また手紙でやり取りする時間もないためバングラデシュ事務所のファクスを利用して頂き、彼と交信した。

彼は1996年国際シンポジウムで、鉱物資源探査を目的としたバングラデシュ北西部の重・磁力探査の解析についての立派な論文を発表した。バングラデシュの問題としてはハリケーンによる災害を挙げている。ハリケーンは家屋の倒壊よりはむしろ、土壌が海水に浸り、農業生産が行えなくなる被害の方が大きい。Mohammad Nurul Hasan氏はこの被害に対する支援を訴えていた。

## 3. 将来の東南アジアの物理探査

東南アジアでは今も資源探査が盛んに行なわれている。そのためデータ収集や処理、解析を行なう

ためのハード・ソフトウェアの整備, 物理探査技術者の育成などが課題となっている。日本において利用されてきた物理探査技術は, これからは東南アジアのニーズに応え, 活用できるはずである。

### 3.1 残された物理探査データの編集

磁気異常や熱流量のデータの編集についてはCCOPの事業として東南アジアの地質調査所関係機関の協力を得て地質調査所が中心になって行った(地質調査所・CCOP(1994); CCOP(1995); 地質調査所・CCOP(1996))。これらの成果は, 資源探査, 環境保全などにとって東南アジアの重要なデータベースである。

これらの他に東南アジアには重力データ, 地震分布, 地震探査記録など広域の物理探査データが存在する。これらを編集すれば東南アジアの貴重なデータベースとなるはずである。

この中で重力データの編集を行うことを考えている。これについてはリーズ大学がすでに行った。しかし参加した機関が編集したデータを利用することができない以上, 編集したデータが無いに等しい。そこで二度手間のようなのであるが, 東南アジア独自の力で重力データの編集を行うことが必要となる。

東南アジアはジャングル, 湿地帯, 山岳地域, 内戦状態にあって治安上危険な地域, 道路事情が劣悪な地域など, 調査が困難な場所が多い。このような地域には空中探査が最適である。重力探査においても近年空中探査が可能になってきた(大久保ほか, 1993)。新たにデータ取得を行えば, リーズ大学が作成したものを凌駕する精度のデータベースを得ることができる。

また東南アジアにとって物理探査データベースも重要であるが, それと同様に物理探査データの取得, 処理, 解析の技術を修得することが重要である。重力データの編集を通してこれらの技術移転を行えば, 東南アジアの本当のニーズに応えることができるはずである。

### 3.2 環境保全などの新しい分野での物理探査技術

東南アジアではさまざまな自然災害や人間活動が原因となって起こる災害が多い。特に後者に当たる地盤沈下, 地下水汚染, 土壌汚染, 海岸地域の環境破壊などの災害が多い。

これらの災害の対策は遅れており, 実地調査すらされていない。大規模な埋立地を作り, その上に工業団地を建設し, また海底を浚渫して埠頭を建設する。これによって海流が変化し, 急激に海岸の侵食が進んだ例がある(磯部ほか, 1995)。恐らく事前調査は行わなかったであろうし, 災害後の対策も取られていない。

この善後策を考えてみよう。まず海岸地形の改変によって海流がどの様に変化したかを, 地質学的調査, 物理探査やコンピュータシミュレーションを基に調べ, 海岸侵食の原因を明らかにする。その原因が分かれば, 適当な場所に防波堤を作る, あるいは護岸工事をするなどの対策を取る。

この様な作業の中で物理探査技術を大いに利用することができる。環境保全などの新しい分野においても物理探査技術が活躍するはずである。

### 3.3 東南アジアの地球物理学者が集まる研究集会

東南アジアの地球物理学者が集まる研究集会は多いとは言えない。多くの物理探査が行われ, たくさんの地球物理学者がいるにもかかわらず, 東アジアを除いた東南アジアで物理探査学会がある国はベトナムぐらいのものである。そのため彼らの情報交換の場は少ない。私が東南アジアの物理探査の状況がつかみずらかった原因もここにある。

1995年のGEOSEAにおいて, 地球物理学者が熱心に議論するのを見て, 東南アジアの地球物理学者の研究集会設立の必要性を感じた。地球物理学者の研究集会の設立について彼らに尋ねた。するとほとんどすべての人が是非設立してほしいと言う。

しかしどの様な形で始めるべきか見当もつかない。とりあえず1996年国際シンポジウムに留めず, 第2回, 第3回と続くシンポジウムを開催することや, 各国に呼びかけて名簿作りをするなど, できることから始めたらいいのではないかと思う。

## 4. まとめ

東南アジアでは資源探査や環境保全が最大の関心事である。1996年国際シンポジウムでもこれらの問題に取り組んだ物理探査についての多くの発表がなされた。

東南アジア各国の要望をまとめると, 物理探査デ

ータ収集や処理, 解析を行うためのハード・ソフトウェアの整備, 物理探査技術者の育成である。

広域物理探査データ編集作業は彼らの要望に応える一つの方法となる。各国のデータを持ち寄った物理探査データの編集作業を行えば, 物理探査技術の移転や新たなデータ取得にも通じる。

ここで紹介した内容は東南アジアの物理探査活動のほんの一部にすぎないと思われる。将来日本を含めた東南アジアの地球物理学者が集い, 東南アジアが抱える問題に取り組んでいけば, 情報交換の場が広がり, 東南アジアの物理探査技術の向上へと進展していくはずである。

**謝辞:** 1996年国際シンポジウム開催にあたっては多くの方々を協力を得た。特に神奈川県温泉地学研究所の長瀬和雄氏と杉山茂夫氏は現地研究会に協力して頂き, 研究所の見学を快く受け入れて頂いた。工業技術院研究協力センターの倉沢一氏には現地研究会の内容を検討して頂いた。JICAバンングラデシュ事務所の照屋友彦氏にはバンングラデシュ地質調査所との交信に協力して頂いた。また私が各国に訪問した際にも多くの方々から支援を受けた。特に金属鉱業事業団の鈴木哲夫氏にはマニラでのGEOSEAの時にお世話になった。地質調査所から新技術事業団に出向し, 専門家としてマレーシア地質調査所に勤務されている本座栄一氏には, アレーシアにおける動向調査に協力して頂いた。ここに関係者に感謝の意を表わす。

#### 参 考 文 献

- CCOP (1995) : CCOP Technical Bulletin, 25, 163p.  
 地質調査所・CCOP (1994) : 東アジア磁気異常図。地質調査所。  
 地質調査所・CCOP (1996) : 400万分の1東アジア磁気異常図CD-ROM版。地質調査所。  
 Department of Mineral Resources (1989) : Magnetic Anomaly Map of Thailand (Residual TotalField) 1989 Edition, Scale 1:1,000,000.  
 Hartley, R., Watts, A.B., Fairhead, J.D. (1996) : Isostasy of Africa. Earth and Planetary Science Letters 137, 1-18.  
 磯部一洋・加藤碩一・大久保泰邦 (1995) : 天使の都バンコク南部に熱帯海岸の侵食を観る。地質ニュース, no.493, 55-62.  
 河田清雄・正井義郎 (1982) : 地熱探査が進む北部タイのサンカンベ

ン地熱地帯。地質ニュース, no.335, 1-4.

- Kuttikul, P. and Raksaskulwong, M. (1992) : The geophysical investigation in the Kabin Buri AEM area, eastern Thailand. Proceedings of a National Conference on "Geological Resources of Thailand; Potential for Future Development", Department of Mineral Resources, 105-113.  
 大久保泰邦 (1996) : タイの発展の光と陰。地質ニュース, no.501, 58-65.  
 大久保泰邦・菱田元・瀬川浩司 (1993) : 鉱物資源探査技術の最前線。物理探査, 46, 403-406.  
 Rahman, M.A., Blank, H.R., Kleinkopf, M.D., and Kucks, R.P. (1990) : Aeromagnetic anomaly map of Bangladesh.  
 Raksaskulwong, M. and Subprinyaporn, S. (1992) : Aeromagnetic features of the three geothermal promising areas in northern Thailand. Proceedings of a National Conference on "Geological Resources of Thailand; Potential for Future Development", Department of Mineral Resources, 131-140.  
 Sinsakul, S. (1995) : Sustainable development through coastal environmental geology of Thailand. 国際シンポジウム「東・東南アジア沿岸・沿海地域の持続的開発と地質学」(予稿集)。通商産業省工業技術院, 19.  
 Sobari, I., Susilo, A., Subaigo, Mirnanda, E. (1993) : Bouguer Anomaly Map Indonesia, 1:5,000,000, Geological Research and Development Centre.  
 Subprinyaporn, S. and Luengingkasoot, M. (1992) : Interpretation on VLF-EM data using VLFPAK: Turbo Pascal program. Proceedings of a National Conference on "Geological Resources of Thailand; Potential for Future Development", Department of Mineral Resources, 114-121.  
 高島 勲・河田清雄 (1981) : タイ国の地熱エネルギー資源。地質ニュース, no.325, 16-29.  
 Tang Muoi (1996) : 40 years of geophysical activities in Vietnam. International Workshop & Exhibition on Geophysics, Abstracts of Papers, Geophysical Society of Vietnam, 106-110.  
 通商産業省工業技術院 (1996) : 国際シンポジウム「東南アジアにおける地球物理学データの編集と解析技術」(予稿集), 70p.  
 Tulyatid, J. (1992) : Airborne radiometric data interpretation as an aid to granitic terrain mapping: A case study for Hua Hin-Pran Buri area, south central Thailand. Proceedings of a National Conference on "Geological Resources of Thailand; Potential for Future Development", Department of Mineral Resources, 86-104.  
 脇田浩二 (1995) : "東・東南アジアの地球科学図のデジタル編さん" - DCGM Project of CCOP -。地質ニュース, no.492, 33-40。図説

OKUBO Yasukuni (1996) : Geophysical activities in Southeast Asia.

< 受付 : 1996年9月9日 >