

空中磁気探査データ処理・解析エキスパートシステムの開発

中塚 正*, 大熊 茂雄 (産総研)

Development of an expert system of aeromagnetic data processing and interpretation

Tadashi Nakatsuka*, Shigeo Okuma (Geological Survey of Japan, AIST)

Abstract: We have been engaged in the research on aeromagnetic survey, and developed various kinds of programs for data processing, analysis and interpretation. The outlines of them have already been reported on the scientific journals [Nakatsuka and Okuma, 2006a, b; etc.] and at the scientific meetings. The source codes of those programs are also opened to the public [Nakatsuka, 2007]. There are three groups of programs, a) DPAM: for aeromagnetic survey data processing, b) GDMP: for grid data manipulation, and c) ANAM: for the reduction and quantitative interpretation of magnetic anomaly data. As those programs are coded so as to realize standardized user interface to select processing parameters, they may be reconstructed into an expert system rather easily, i.e., each program just as it is can be utilized as a component function of the system. The aeromagnetic expert system (AMXS) we are developing is a system of Web-based data processing and interpretation for general potential field data, but with special effective feature for aeromagnetic survey data handling.

1. はじめに

産総研地質調査総合センターでは、ヘリコプター利用による山岳地域の磁気探査システムの開発を行ってきており、そのハードウェアと機体磁気補償法の検討 [中塚・大熊, 2003, 2004, 2005c], 起伏に富む観測データの等価ソースを用いた高度リダクション法 [中塚ほか, 2004; Nakatsuka and Okuma, 2006a], そのデータ解析処理のシステム [中塚・大熊, 2005b; 中塚, 2006; Nakatsuka, 2007], 拡張交点コントロール手法の開発とその応用としての繰り返し探査による磁気異常変化抽出法の開発 [中塚・大熊, 2006a; Nakatsuka and Okuma, 2006b], 空中磁気異常分布から磁化構造の 3D イメージを導く 3D 解析手法の検討 [中塚・大熊, 2006b] 等について報告してきた。また、ヘリコプターによる火山地域での高分解能空中磁気探査の適用例とそれらの結果についても、浅間 [Okuma *et al.*, 2001; 大熊ほか, 2005], 有珠 [大熊ほか, 2001a, 2002, 2003b], 岩手山 [大熊ほか, 2001b], 富士 [大熊ほか, 2004], イタリア・ブルカノ-リパリ [大熊ほか, 2003a, 2006; Okuma *et al.*, 2006a, b] 等について報告してきた。

今回の発表では、中塚・大熊 (2005a) で紹介したデータ処理解析のプログラム体系を引き継いで、それを空中磁気探査データ処理・解析エキスパートシステム (AMXS) に発展させる取組みについて述べる。ここにエキスパートシステム (expert system: エキスパートシステムと綴られることもあるが意味は同じ) とは、『特定の分野の問題についての情報を解析するルール群から構成されるプログラム』 [出典: Wikipedia] であり、その情報自体はシステムの利用者が用意する場合と、既存の公表デー

タ (日本空中磁気データベース [中塚・大熊, 2005a; 中塚ほか, 2005]) を利用する場合を想定している。

2. AMXS のコンポーネントプログラム群

AMXS におけるデータ処理解析のソフトウェアは、これまでに作成してきた数多くの個別プログラムをほぼそのままコンポーネントとして用いている。

空中磁気探査の現地でのデータ確認作業に用いることを意図したプログラム群 DPAM には、次のものがある。

プログラム名	機能 (DPAM)
alog2asc	AM 収録 binary データの ASCII 形式への変換。
xldam/ xldpn	ASCII 生データから、測線区間の切り出しと測位データ補間・IGRF 残差計算を行う。
xldhg	バード式測定データに上と同様の処理を行う。
despike	測線データの磁力値スパイクを除去する。
dvcorr	測線データに対する日変化補正を行う。
ecomp/ fcomp	CompBox 飛行データによる機体磁気補償の処理を CompBox 飛行/調査飛行のデータに対して行う。
ggrid/ ggrids	測線データから、磁力値格子データのみ/磁力値と標高の格子データを作成する。
pframe	使用図法の座標値関係表示の白地図を出力する。
pltrk	各種形式測線データから航跡図を図化する。
pchkdv/ pchkmag/ pchkres/ pchkcomp	データ検査用に、定点観測磁力値データ/測線データの全磁力値/測線データの IGRF 残差値/機体磁気補償処理前後の IGRF 残差値をグラフに図化する。
xslin	各種測線データを StdLIN 形式に変換する。
xslina	測線データから平滑化再サンプリングして StdLIN 形式データを作成する。

また、主として現地調査終了後の各種データ処理・解析のためのソフトウェアは、必要に応じて新しいプログラムの開発も行うが、汎用的なグリッドデータの取扱いのプログラム群 GDMP と、ルーチ的な解析手法のプログラム群 ANAM を用意してある。

プログラム名	機能 (GDMP)
sel/selddb	既存データから新たに grid データを切り出す。
altx	標準 grid データから高度データ(grid)を抽出する。
adjlv	grid データに一定値を加算 (レベル合わせ) する。
gadd/gsub	2組の grid データの加算/減算を行う。
govlay/ gojoin/ gmerge	複数の grid データのスリット入り重ね置き/遷移ゾーン付重ね置きマージ/遷移ゾーン付マージの処理を行い、新たな grid データを作成する。
txproj	再 gridding により別の図法展開座標系の grid データに変換する。
gtrf	残差 grid データの標準磁場モデルを更新する。
plmap/plmapc/ plmapg/ plmaps/plmapcs /shade	grid データの線画コンター図/カラー段彩付きコンター図/グレースケール段彩図/陰影付き線画コンター図/カラー段彩陰影図/陰影図を描く。
plmapl/ plmapcl	grid データの線画コンター図/カラー段彩付きコンター図を航跡表示付きで描く。
xplmap/ xplmapc	grid データの線画コンター図/カラー段彩付きコンター図に各種整飾を施した図面を作成する。

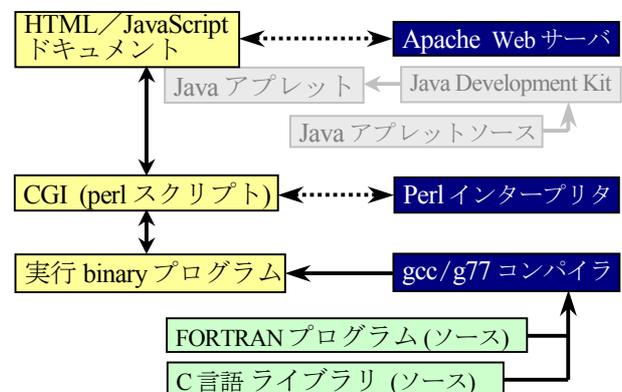
プログラム名	機能 (ANAM)
tmcorr	観測空中磁気異常グリッドデータに対して地形効果を見積もり、それを除去する。
emag, emagf/ amag, amagc	磁化強度マッピングの準備 (COEF 行列の計算) / 磁化強度マッピング処理を行う。
lcecorr	直流電車軌道ループ電流の補正処理を行う。
aaptdp	point-dipole ソースによる人工構造物の影響のモデリングとその効果の除去の処理を行う。
galtf/galts	StdLIN 測線データから 観測高度面 grid データ/観測高度を平滑化した高度 grid データを作成する。
emeq/ ameq, ameqc/ cmeq	メッシュデータから等価アノマリによる高度リダクションの処理を行う。
emeqs/ ameqs, ameqsc/ cmeqs/rpmeqs	メッシュデータから等価ソースによる高度リダクションおよび極磁力異常分布の計算の処理を行う。
edeq/ adeq, adeqc/ cdeq	等価アノマリによる測線データからの高度リダクションの処理を行う。
edeqs/ adeqs, adeqsc/ cdeqs/rpdeqs	等価ソースによる測線データからの高度リダクションおよび極磁力異常分布の計算の処理を行う。

3. AMXS のシステム構成

我々はこのシステムの開発を Linux OS のもとですすめている。システムの基本設計として、ユーザ側に特別

なソフトの導入を要求しないように、AMXS へのアクセスは全て Web ブラウザを通じて行うこととした。従って、AMXS の入口部分と全体の骨格は、HTML ドキュメントで構成されている。

HTML (JavaScript を含む) が man-machine インターフェイスとなり、指示された処理フローは、perl スクリプトで記述された CGI プログラムを介してプログラム (FORTRAN/C 言語のソースからコンパイルされたもの) を実行する形で実現される。この動作をサポートするために必要な OS 以外のシステムソフトとしては、次図に示すように、Apache, perl, gcc/g77 だけを利用しており、いずれもオープンソースのフリーソフトである。ユーザインターフェイスの改良 (GUI 高度化) のために Java アプレットを利用する計画があるが、これも無償配布の Java 開発キット (JDK) と実行環境 (JRE) が利用できる。



なお、現状では所内グループでのサービスのみを意図しており、ファイアウォールの内側でのみ動作するので、特段のセキュリティ対策はとっていない。操作の自由度を重視した結果、例えば、アップロードしたデータファイルは、他のユーザから丸見えになるし、他のユーザが自由に削除もできる (そういう設定にしている) が、悪意のユーザを排除するために、このシステムもしくはその一部にアクセスするためのパスワード認証を行うこと自体は容易である。個別データごとにセキュリティレベルと利用許可範囲を設定できるようにするには、OS と連携した何らかの仕組みの導入が必要となる。

4. 各種サポート機能

4.1 処理環境設定

本システムでは、複数のユーザが (もしくは単一ユーザが複数の PC から) 並行して処理を行う場合や、データの系統的な整理のため、課題またはプロジェクト毎にサブディレクトリを作成して、そのもとの処理をすすめる形を取る。また、行った処理の記録 (ログ) を残す機能を装備しており、そのログファイルを指定できる。

そのために、サブディレクトリの作成・選択・ファイ

ルー一覧表示とログファイルの作成・選択・末尾表示の機能が、トップ画面と個々のプログラム実行画面で利用できる。

4.2 ファイルアップロード・ダウンロード

本システムでは、既存の公表データ（日本空中磁気異常データベース）を利用する場合をも想定しているが、一般的には、ユーザが処理を行いたい元データを用意する。そのデータをアップロードするための入力 Form と CGI を用意してある。また、ファイルの表示・削除に加え、処理結果をユーザ独自の別の処理などに容易に利用できるよう、ダウンロード機能を有する。

4.3 パラメータ受渡し

一般に各コンポーネントの実行プログラムには、処理すべき入出力ファイルのファイル名をはじめ、各種の処理パラメータを引き渡す必要がある。必要な処理パラメータは、実行するコンポーネントによって当然異なるので、各コンポーネントに応じた入力画面 (HTML) を用意してあり、パラメータ値の意味の簡単な説明とともに、選択・設定を支援する種々の仕組みを用意してある。

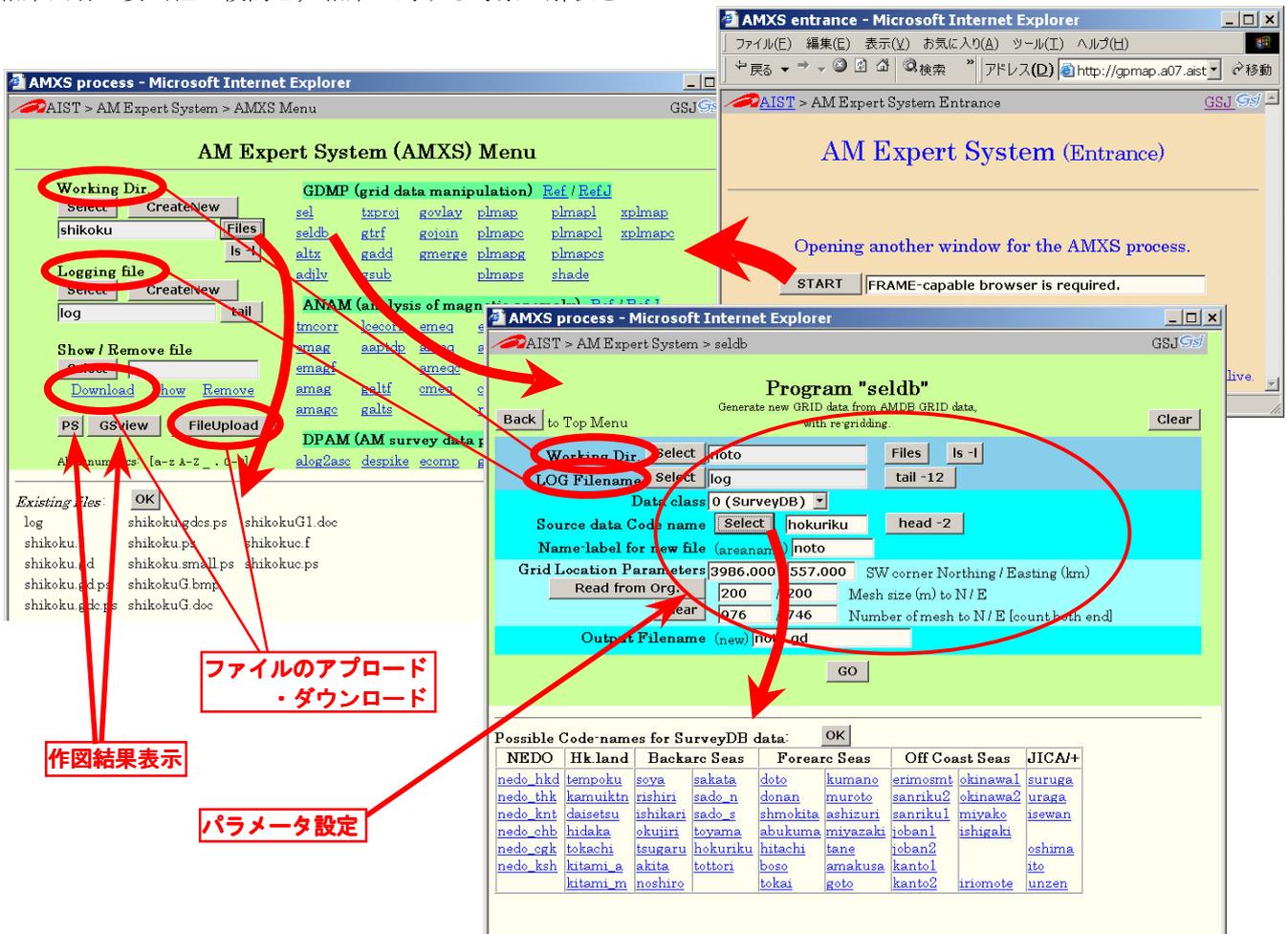
4.4 作図結果表示

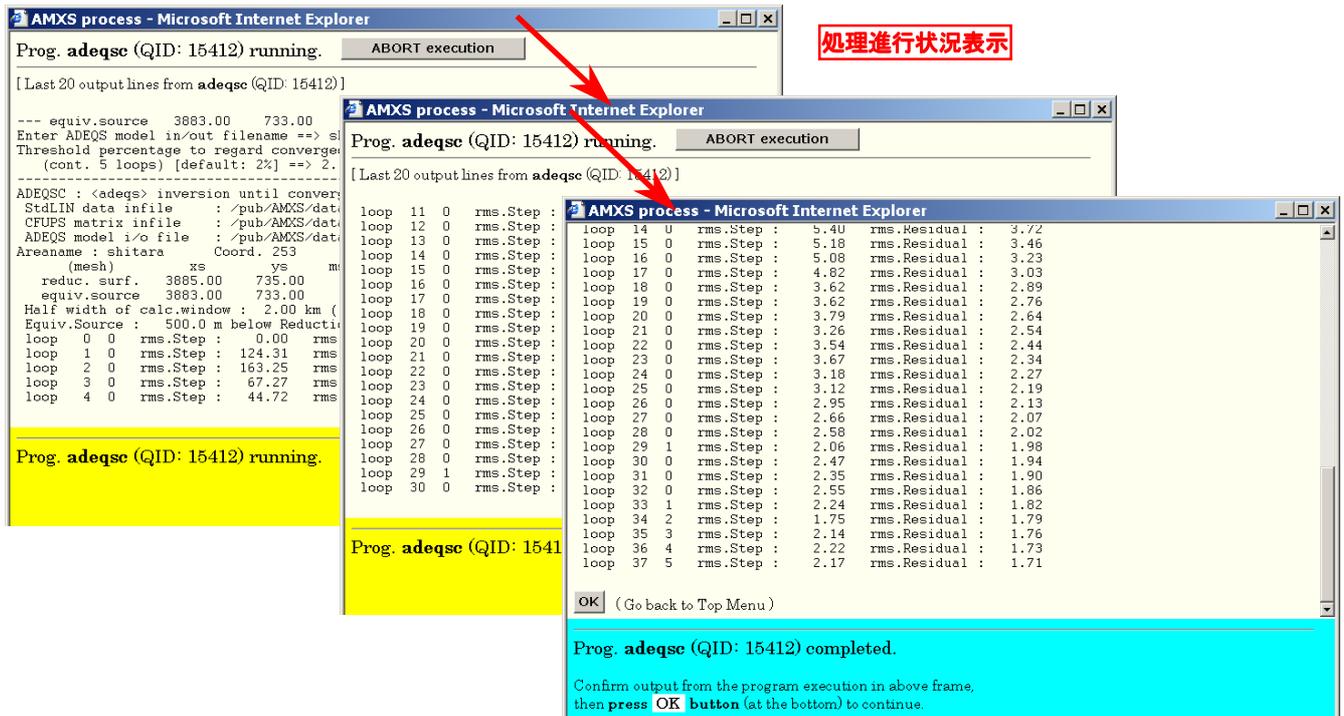
各種データ処理・解析の結果は、図化出力によって、結果内容の妥当性の検討と、結果に対する考察・解釈を

行うことが一般的であり、いくつかの図化出力を行うコンポーネントを備えている。それらはいずれも、ポストスクリプト (PS) ファイルを出力するものであり、作図結果を PC 上に表示するには、Ghostscript / GSview (<http://www.cs.wisc.edu/~ghost/>) の利用が便利である。本システムでは、それを利用しない場合の対応として、図を JPEG 形式画像に変換して表示する機能も持たせているが、GSview 利用の方が操作性など色んな面で推奨できる。

4.5 処理進行状況表示

各コンポーネントの実行プログラムの処理には、処理時間をあまり要しないものから、巨大な配列の演算を外部記憶を利用して繰返し実行するため相当な時間を要するものまで、多様なものが含まれている。実行時間のかかるプログラムでは、繰返し処理の各段階でメッセージ行を出力してその進行状況を示すようになっているが、通常の Web インターフェイスの導入では、全処理が終了後に初めて、全体のメッセージが表示されて不都合である。本システムでは、HTML の Timeout と Refresh の機能を用いて、一定時間 (2 秒) ごとに上記メッセージ出力を表示するとともに、実行途中での処理のキャンセルにも対応できるようにしている。





処理進行状況表示

文 献

- 中塚 正 [2006] 地球物理データの解析処理・図化表現のためのライブラリ(2). 地調研究資料集, no.442, 102p. +1 CD-ROM.
- Nakatsuka, T. [2007] Software system for Aeromagnetic data processing, Grid data manipulation, and Reduction and quantitative interpretation of magnetic anomaly data. *Open-file Report, Geol. Surv. Japan*, no.449, 29p. +1 diskette.
- 中塚 正・大熊茂雄 [2003] スティンガー式ヘリボン磁気探査システムの開発. *物理探査学会第 108 回学術講演会講演論文集*, 23-26.
- 中塚 正・大熊茂雄 [2004] ヘリコプター磁気探査におけるスティンガー内磁気センサーの機体磁気補償. *物理探査学会第 110 回学術講演会講演論文集*, 318-321.
- 中塚 正・大熊茂雄 [2005a] 日本空中磁気異常データベース. 数値地質図 P-6, 地質調査総合センター.
- 中塚 正・大熊茂雄 [2005b] ヘリコプター磁気探査におけるデータ処理解析システム. *物理探査学会第 113 回学術講演会講演論文集*, 239-242.
- 中塚 正・大熊茂雄 [2005c] スティンガー式ヘリコプター磁気探査システムの開発とその磁気センサーに対する機体磁気補償. *物理探査*, **58**, 451-459.
- 中塚 正・大熊茂雄 [2006a] 高度変化に富む磁気探査データの“交点”コントロール処理とその応用. *物理探査学会第 114 回学術講演会講演論文集*, 174-177.
- 中塚 正・大熊茂雄 [2006b] 空中磁気データによる 3D 地下構造イメージング. *物理探査学会第 115 回学術講演会講演論文集*, 196-199.
- Nakatsuka, T. and S. Okuma [2006a] Reduction of geomagnetic anomaly observations from helicopter surveys at varying elevations. *Explor. Geophys.* **37** / *Butsuri-Tansa* **59** / *Mulli-Tansa* **9**, 121-128.
- Nakatsuka, T., and S. Okuma [2006b] Crossover analysis for the aeromagnetic survey at varying elevations, and its application to extracting temporal magnetic anomaly change. *Butsuri-Tansa (Geophys. Explor.)*, **59**, 449-458.
- 中塚 正・牧野雅彦・大熊茂雄 [2004] 相異なる高さにおいて観測された磁力値から磁気異常の三次元分布を求めること(2). *物理探査学会第 111 回学術講演会講演論文集*, 187-190.
- 中塚 正・大熊茂雄・牧野雅彦・森尻理恵 [2005] 日本空中磁気探査データベース. 数値地質図 P-6, 地質調査総合センター.
- 大熊茂雄・中塚 正・森尻理恵・牧野雅彦・内田利弘・小川康雄・高倉伸一・松島喜雄 [2001a] 有珠火山地域における空中磁気探査(学報). *地調研報*, **52**, 149-154.
- 大熊茂雄・中塚 正・森尻理恵・高倉伸一 [2001b] 岩手山地域における空中電磁・磁気探査(学報). *物理探査学会第 104 回学術講演会講演論文集*, 314-316.
- 大熊茂雄・中塚 正・高倉伸一・森尻理恵 [2002] 有珠火山地域における空中電磁・磁気探査—有珠 2000 年噴火に関連して—. *火山*, **47**, 533-546.
- 大熊茂雄・中塚 正・駒澤正夫・Robert Supper [2003a] イタリア・エオリア諸島における空中物理探査. *物理探査学会第 108 回学術講演会講演論文集*, 27-30.
- 大熊茂雄・中塚 正・森尻理恵・牧野雅彦 [2003b] 有珠火山地域高分解能空中磁気異常図の刊行について. *物理探査学会第 109 回学術講演会講演論文集*, 233-235.
- 大熊茂雄・中塚 正・中野 俊・佐藤秀幸 [2004] 富士火山地域における高分解能空中磁気探査. *物理探査学会第 110 回学術講演会講演論文集*, 336-339.
- 大熊茂雄・牧野雅彦・中塚 正 [2005] 高分解能空中磁気異常図から見た浅間火山の磁气的構造. *物理探査学会第 113 回学術講演会講演論文集*, 409-412.
- 大熊茂雄・中塚 正・駒澤正夫・杉原光彦・中野 俊・古川竜太・R.Supper [2006] イタリア・ブルカノーリパリ火山の浅部地下構造. *物理探査学会第 114 回学術講演会講演論文集*, 166-169.
- Okuma, S., T. Nakatsuka, M. Makino, and R. Morijiri [2001] Recent advancement of high-resolution aeromagnetic surveys at the Geological Survey of Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **52**, 101-111
- Okuma, S., T. Nakatsuka, M. Komazawa, M. Sugihara, S. Nakano, R. Furukawa, and R. Supper [2006a] Shallow subsurface structure of the Vulcano-Lipari volcanic complex, Italy, constrained by helicopter-borne aeromagnetic surveys. *Explor. Geophys.* **37** / *Butsuri-Tansa* **59** / *Mulli-Tansa* **9**, 129-138.
- Okuma, S., T. Nakatsuka, R. Supper, and M. Komazawa [2006b] High-resolution aeromagnetic anomaly map of the Vulcano-Lipari volcanic complex, Aeolian Islands, Italy. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **57**, 177-190.