第6章 開発管理

6.1 開発管理

気象庁におけるモデル開発では近年、プロジェクト管理およびバージョン管理システムの利用が進んでいる(例 えば、気象庁予報部, 2017; 坂本・他, 2018)。ATM についても 2019 年 3 月、第 1.2 節で触れた開発管理サーバ¹ (雁津, 2017a) で提供されているプロジェクト管理システム Redmine に、プロジェクト「気象庁移流拡散モデル (JMA-ATM)」を立ち上げた (Figure 6.1)。

ATM の開発は、開発課題ごとに Redmine にチケットを切って進めている(Figure 6.2)。またバージョン管理シ ステムとして、開発管理サーバには SVN と Git が提供されているが、前身の RATM は CVS から移行した SVN を 利用してきた経緯があり、ATM も SVN でソースコード類²を管理している(Figure 6.3)。

Redmine と SVN は連携しているため、チケット駆動開発により、ソースコードのバージョン(リビジョン)は

ーム マイページ プロジェクト ヘルプ				
凤家厅移 流批	「献モナル(JA	MA-AIM)		
+ 概要 活動	 チケット ガントチャート	・ Wiki リポジトリ	設定	
概要				
気象庁移流拡散モデル(JMA-ATM,略称:ATM)のサブプロジェクト管理を行います。 ATMはGATMとRATMを統一した後継モデルです。				
AIMISOAIME NAIME TO COMPET TO CS.				
🖬 チケットトラッキ	ング			
	未完了	完了	合計	
バグ	0	5	5	
機能	9	19	28	
サポート	4	6	10	
ルーチン	0	0	0	
	0	0	0	
イベント		10	27	
イベント 開発・調査	15	12		

Powered by Redmine © 2006-2019 Jean-Philippe Lang

Figure 6.1 Homepage of Redmine: JMA-ATM (as of October 2020)

¹2020 年 6 月 8 日からは開発管理 VPS に移行。

²付録 A にディレクトリツリーを示すように、ソースコードのほかに定数関連ファイルやジョブ投入スクリプトなども SVN で管理しており、本 書の IAT_EX 原稿も Tec_rep_mri の下に保管されている。

ホーム マイページ プロジェクト ヘルプ							
移流拡散モデ						検索:	気象庁移流拡散モデル(JMA-A ▼
気象庁	移流扩	は散モデ	JL (J	MA-ATM)			AND A LEVEL AND COLUMN COLUMN
~~~~	12 116 11						
+ 概要	活動	ቻ ታንት ガ	ントチャー	-ト Wiki リポジトリ 設定			
ゴケート						◎ 新口 \手左wk	
デノット							<u> </u> ታ ケ ッ ト
ーマ フィルター							すべてのチケットを表示
🖉 ステータ	22		未完	7 ~	フィルタ追加	~	サマリー
- ▶ オブション							
🖌 適用 🧔	クリア 🔡 保	存					
# *	トラッカー	ステータス	優先度	題名	担当者	更新日	
895	機能	新規	通常	VAFSファイル(降灰関連)への対応	ishii kensuke	2020/10/01 11:30	
906	開発·調査	新規	通常	実行時間の確認	ishii kensuke	2020/10/01 09:00	
913	開発·調査	進行中	通常	Tpの各課ルーチン化	長谷川 嘉臣	2020/10/01 08:15	
880	機能	進行中	通常	VAFSから渡される計算設定情報ファイルの検討(VAA関連)	土山 博昭	2020/09/28 22:48	
894	機能	進行中	通常	BCP対応	新堀 敏基	2020/09/18 18:35	
752	文書作成	進行中	高め	技術報告の作成	新堀 敏基	2020/09/18 11:40	
912	開発·調査	新規	通常	火口の気象場(PrePoint)の高速化	ishii kensuke	2020/09/11 16:10	
754	機能	進行中	通常	ソースコード整理(維続)	新堀 敏基	2020/09/09 14:55	
897	開発·調査	進行中	通常	ATMとGATMとの比較	ishii kensuke	2020/08/26 10:51	
744	機能	進行中	通常	サイクル処理	新堀 敏基	2020/08/24 08:10	
903	開発·調査	新規	通常	Tdvar初期値と現初期値の比較	ishii kensuke	2020/08/13 13:46	
826	開発·調査	進行中	低め	湿性沈着の点検	新堀 敏基	2020/08/07 13:02	
739	開発·調査	進行中	通常	QKEを用いた鉛直拡散係数の導入	新堀 敏基	2020/08/07 13:02	
756	機能	進行中	通常	検証ツールの整備	新堀 敏基	2020/07/27 14:21	
833	開発·調査	進行中	高め	高速化	新堀 敏基	2020/07/08 13:02	
745	開発·調査	新規	通常	トレーサー速度変数の導入	新堀 敏基	2020/06/18 14:32	
874	サポート	進行中	通常	気象研スパコン(CX2550 M5)更新対応	新堀 敏基	2020/04/14 15:30	
872	開発·調査	進行中	通常	水平拡散の点検・改良	新堀 敏基	2020/03/18 09:55	
873	サポート	進行中	通常	データ同化システム/JMA-ATMの利用に関する質問・要望	土山 博昭	2020/03/17 13:27	
867	開発·調査	新規	低め	asucaのモデル面解析値の入力作業	新堀 敏基	2020/03/02 15:00	
845	開発·調査	新規	通常	耐久試験(Ta)	ishii kensuke	2020/02/06 16:02	
767	サポート	新規	通常	モニターの改良	ishii kensuke	2019/11/22 14:00	
753	機能	進行中	低め	理想実験環境	新堀 敏基	2019/06/28 18:45	
766	サポート	新規	通常	疑似衛星画像のモニタージョブへの追加	ishii kensuke	2019/03/28 20:34	
738	開発·調査	進行中	低め	GPVの鉛直流の診断	新堀 敏基	2019/03/14 20:50	
《前 1	2 次 »	(1-25/29) 1	<u>ページに</u>	25, 50			
					他の形式にエクスポ	-h: Atom   CSV   PDF	
					10 - 2 - 10 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 -		

Figure 6.2 Ticket list of Redmine: JMA-ATM (as of October 2020)

ATM の開発課題を記したチケットと関連付けられている。具体的には、まず開発課題の担当者が Redmine にチケット(Figure 6.2)を切り、それから SVN ディレクトリ(リポジトリ)の各開発者の作業場所であるブランチ(Figure 6.3 の branches)の下に開発版のソースコード類を登録(コミット)する。開発版のソースコード類は、相互点検(レビュー)を経て、正式な安定版の置き場所であるトランク(Figure 6.3 の trunk)へ格納(マージ)する。またFigure 6.3 の tags には、気象業務における運用版のバージョン管理のために、トランクからタグ打ちしたものが置かれる。

開発管理サーバは、開発元の気象研究所スーパーコンピュータシステムと運用先の NAPS の双方からアクセス可 能であり、開発プログラムの中継サーバとしても機能している。

#### 実行シェルスクリプト

ATM を実行するためのシェルスクリプト (*.sh)³は、数値予報ルーチンで使用されている JCL (雁津, 2017b)から生成することを標準にしている。生成元の JCL ファイル (*.jcl)は、実行するジョブのステップごとに実行プロ グラム (ロードモジュール)とその入出力ファイルなどの情報を記述したテキストファイルであり、付録 A に示す ディレクトリツリーの Jcl_script の下に置いてある。

ただし、BCP 対応など、JCL がないことが想定される環境でも実行できるように、Sh の下にはシェルスクリプト

³ただし数値予報ルーチンでは、JCL から生成するジョブスクリプトには一般に拡張子.sh は付けない。

#### 気象研究所技術報告 第84号 2021

<u>አ</u> ⊢ዾ ⊽	ホーム マイページ プロジェクト ヘルプ ログ ብታ መድ መድ በグ ምንት									
移流拡散モデル =								検索:	気象庁移流拡	散モデル(JMA-A 🔻
気象庁移流拡散モデル(JMA-ATM)										
+ 4	願要 活	動 チケット ガン	トチャート Wiki	リボジトリ	設定					
root									■ <b>□</b> 統計	リビジョン:
		名称		サイズ	リビジョン	経過期間	作成者		コメント	
0 🚞 b	oranches				1340	約3時間	新堀 敏基	apply rules etc.		
🛛 🚞 t	ags				4	<b>1</b> 年以上	新堀 敏基	mkdir tags		
0 📋 t	runk				1341	1分	新堀 敏基	merge r1340 ( re	fs #895)	
最新り	ビジョン	,								
		0.44	De	r#						
*	0		1 F.	「「「「」」				17.71		
1341	•	2020/10/01 11:25	・ 新功出	戦幸	merge r1340 ( ren	5#895)				
1340	0 0	2020/10/01 08:43	・ 新知道	戦幸	apply rules etc.					
1339	00	2020/10/01 08:30	· 新川小出 第二十日	戦卒	revert dt_atm	n ala				
1338	00	2020/10/01 08:21	. 和川り出	戦卒	cp r 1336 from bra	nch				
1337	00	2020/10/01 08:20	第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 第月13日 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111	戦幸	mkair for cp					
1330	00	2020/09/29 18:09	ishii ke	ensuke	buglix					
1335	00	2020/09/29 16:11	ISNII KO	ensuke	bugfix					
1334	00	2020/09/29 16:09	ishii ke	ensuke	bugixi					
1333	00	2020/09/29 16:09	ISNII KO	ensuke	bugfix					
1332	00	2020/09/23 11:08	ISNII KO	ensuke	DUGIIX					
差分を表示										
すべての	すべてのリビションを表示									

他の形式にエクスポート: 🔝 Atom

Powered by Redmine © 2006-2019 Jean-Philippe Lang



のひな型(*.sh.in)を configure スクリプトとともに用意してある。

# メイクファイル

ソースコードをコンパイルするためのメイクファイル(*.mk)は、JCL と同様に数値予報ルーチンで使用されている PBF(雁津, 2017b)から生成することを標準にしている。生成元の PBF ファイル(*.pbf)は、ロードモジュール、インクルードファイル、ライブラリ、コンパイルオプションなどとともにソースコードとその参照ファイルの情報を記述したテキストファイルであり、付録 A に示すディレクトリツリーの Pbf の下に置いてある。

ただし PBF がないことが想定される環境でも実行できるように、Mk の下にはひな型の親メイク(Makefile.in) および子メイク(*.mk.in)を configure スクリプトとともに用意してある。

またコンパイル元のソースコードのプログラミングにあたっては、ローカルにコーディングルールを定め、Redmine の Wiki で共有している。同内容は付録 I に転載したので参照されたい。

# 6.2 開発ツール

ATM の開発ツールとして、可視化と検証指標を出力するツールを用意している。これらのモジュールは付録 A に 示すディレクトリツリーの Tools 以下にあり、Figure B.1 のジョブ FcAtm の後処理 Monit, Verif で実行される。

# 6.2.1 可視化ツール

ATM の計算結果は、粒子データ fcst_particle.dat (第2.5.1 項)からトレーサーの各種空間分布を、格子データ fcst_atm.nus (第2.5.2 項)から各出力要素を予測時間ごとに可視化している。一例として、fcst_particle.dat



Figure 6.4 Example of particle data plotted by AVS/Express. Same case of volcanic ash fall prediction shown in Figure 5.13 (a). Color shade indicates common logarithmic grain size  $\log D$  [mm].

から可視化ソフトウェア AVS/Express⁴により描画したトレーサーの 3 次元空間分布を Figure 6.4 に示す。また、 fcst_atm.nus から可視化ツール PANDAH (例えば、原, 2017b) により描画した Table F.4 の要素を Figure 6.5 に 示す。ただし格子出力していない最大長径 (MAXA) については、粒径 *D* を幾何学的な 3 軸平均径 (例えば、高橋, 2003)

$$D \equiv \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} \tag{6.1}$$

で定義して、ここでは上式と(2.17)式から求めた長径 a1 との関係式

$$a_1 = \frac{3D}{1+2F} \tag{6.2}$$

に、Table D.12 の form で設定した形状因子 F と最大粒径(MAXD)の予測値を代入して描画している。

# 6.2.2 検証ツール

検証ツールは、予め用意した観測点のデータ(観測のあり/なし、および観測値)に対して、ATM の格子出力(第 2.5.2 項)を各観測点に空間内挿した予測値から、以下に示す検証指標(例えば、Ima-izumi, 2019)を出力する。検 証時刻は ATM の予測時刻ごと、空間内挿法は Figure 2.12 と同様である。

⁴気象研究所スーパーコンピュータシステムに導入されている可視化ソフトウェアの一つ。



Figure 6.5 Example of PANDAH plot. Same case as in Figure 6.4, i.e. Figures (a) and (f) are same as in Figures 5.13 (a) and 5.15 (a), respectively, but plot area is widened.



Figure 6.5 (Continued)

Table 6.1  $2 \times 2$  contingency table. FO, FX, XO and XX indicate the number of occurrences in each category, respectively, and  $N \equiv FO + FX + XO + XX$  is the total number of events.

Duadiationa	Obser	Total		
Predictions	Yes	vations           No           FX           (False alarm)           XX           (Correct rejection)	Total	
Vag	FO	FX	FO + FX	
res	(Hit)	(False alarm)		
Ne	XO	XX	XO + XX	
NO	(Miss)	(Correct rejection)		
Total	FO + XO	FX + XX	N	

# (1) スコア

各観測点において、観測のあり/なしに対する予測のあり/なしの4分割表(Table 6.1)から出力する。

#### 適中率

$$HR \equiv \frac{FO + XX}{N} \quad (0 \leqslant HR \leqslant 1) \tag{6.3}$$

HR は1に近いほど適中している。

# 空振り率

$$FAR \equiv \frac{FX}{FO + FX}$$
  $(0 \leq FAR \leq 1)$  (6.4)

FAR はゼロに近いほど空振りが少ない。

# 見逃し率

$$MR \equiv \frac{XO}{FO + XO} \quad (0 \le MR \le 1)$$
(6.5)

MR はゼロに近いほど見逃しが少ない。

# バイアススコア

$$BI \equiv \frac{FO + FX}{FO + XO} \quad (BI \ge 0)$$
(6.6)

BI は1に近いほどバイアスが小さい。

# スレットスコア

$$TS \equiv \frac{FO}{FO + FX + XO} \quad (0 \le TS \le 1)$$

$$(6.7)$$

TS は1に近いほど精度がよい。

# 捕捉率

$$POD \equiv \frac{FO}{FO + XO} = 1 - MR \quad (0 \le POD \le 1)$$
(6.8)

捕捉率 POD と空振り率 FAR は、POD-SR ダイアグラム⁵(Roebber, 2009)の描画に使用する。

⁵横軸を  $x \equiv 1 - FAR \in [0, 1]$ 、縦軸を  $y \equiv POD \in [0, 1]$  に取ったグラフ。このとき、BI = y/x, TS =  $(1/x + 1/y - 1)^{-1}$  となるため、こ のグラフ上でバイアススコアの等値線は直線 (BI = 1 は傾き 1 の対角線)、スレットスコアの等値線は直角双曲線 (TS = 1 は座標 (1, 1) に対応) で表される。POD, FAR, BI, TS の 4 スコアをまとめて確認することができ、各スコアがよいほどグラフの (1, 1) に近づく。具体例は、Figures 5.14 (a), 5.18 (a), 5.20 (a) and 5.22 (a) を参照。

## (2) 平均誤差・平方根平均二乗誤差 (RMSE)

 $N_{\rm o}$  点の観測点において観測値  $o_n$  がある場合、同点における予測値  $f_n$  から、平均誤差 ME および RMSE を出力 する:

$$ME \equiv \frac{1}{N_{o}} \sum_{n=1}^{N_{o}} (f_{n} - o_{n})$$

$$RMSE \equiv \sqrt{\frac{1}{N_{o}} \sum_{n=1}^{N_{o}} (f_{n} - o_{n})^{2}}$$
(6.9)
(6.10)

ME は1に近いほどバイアスが小さく、RMSE (≥ 0) はゼロに近いほど精度がよい。

ジョブ Verif では現在、上式で定義した平均誤差と RMSE を出力している。検証対象の観測値が数桁変わるよう な場合の予報誤差をまとめて評価するためには、より適切な重み付き平均誤差、RMSE(例えば、梅津・他 (2013) と その付録)などを見出して指標を改良する必要がある。