

第 15 回 VL 講習会

ドロップゾンデ観測データの解析

主催

名古屋大学宇宙地球環境研究所

附属飛翔体観測推進センター

地球水循環観測推進室

内容

1. はじめに

- 1-1. この講習会の目的
- 1-2. 講習会の進め方

2. 台風のドロップゾンデ観測

- 2-1. 高層気象（ラジオゾンデ）観測について
- 2-2. ドロップゾンデ観測について

3. ドロップゾンデ観測データの処理手順

- 3-1. **Anaconda** のインストール
- 3-2. データ処理の概要
- 3-3. ドロップゾンデデータの内容
- 3-4. データ処理手順（スクリプトの内容）
- 3-5. データ処理手順（次のステップ）

付録 A. 高層気象観測データのアーカイブサイト（**Atmospheric Sounding**）について

付録 B. **Anaconda** のインストール手順の詳細

付録 C. 本プログラムのディレクトリ構成

謝辞

参考文献

1. はじめに

1-1. この講習会の目的

名古屋大学宇宙地球環境研究所附属飛翔体観測推進センターは、航空機により大気科学研究の推進を行っております。航空機観測として、台風を対象とした航空機観測 Tropical cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts (TPARCII) が名古屋大学の坪木和久教授主導で行われており、これまでに 2017 年台風 21 号 (Lan)、2018 年台風 24 号 (Trami) などの台風の周辺でドロップゾンデ観測を実施してきました。

本講習会は、「ドロップゾンデ観測データの解析」と題して、これまでに実施されたドロップゾンデ観測データの処理と描画を体験していただくことを目的として実施いたします。具体的には、ドロップゾンデ観測データの読み込みとその鉛直プロファイルの描画、再解析データとの比較などに必要なデータとスクリプトを提供し、参加者のみなさまにこれらの描画を実践していただく予定です。データ処理や描画に際しては、気象関連の解析ライブラリが充実している Python を用います。併せて、3 人の講師の方により、航空機観測や観測機器についての講演を行っていただく予定です。

2020 年以降に実施されたドロップゾンデ観測データについても、順次公開していく予定です。今回の講習会で興味をもたれた方は主催者までお問い合わせください。

1-2. 講習会の進め方

講習会のスケジュールは以下の通りです。

○ 3月15日 (火)

13:00 ~ 13:10 趣旨説明 (篠田)

13:10 ~ 14:10 講演 1 : 台風の強度に関する問題と航空機ドロップゾンデ観測

講師 : 名古屋大学宇宙地球環境研究所・横浜国立大学台風科学技術研究センター 坪木和久 教授

14:10 ~ 16:30 実習 1 : ドロップゾンデデータの処理

ドロップゾンデデータの読み込み・鉛直プロファイルの表示・再解析データとの比較など

16:30 ~ 17:30 講演 2 : 台風観測バーチャルツアー

講師 : 琉球大学理学部 山田広幸 准教授

18:00 ~ 19:30 懇親会 (gathertown を使う予定)

○ 3月16日 (水)

09:30 ~ 10:30 講演 3 : ラジオゾンデ観測技術の紹介とその精度

講師：明星電気株式会社高層気象観測グループ 清水健作 博士

10:30 ~ 12:30 実習 2：ドロップゾンデデータの処理

12:30 解散

講演は ZOOM を使って行います。ZOOM のアクセスポイントは以下の通りです。

○ 3月15日（火）

<https://us02web.zoom.us/j/85776794534?pwd=WTdoeGZlUVl6Y0J1SCt5bENNU0Vndz0>

9

ミーティング ID: 857 7679 4534

パスコード: 705218

○ 3月16日（水）

<https://us02web.zoom.us/j/89703759558?pwd=UWJZWERVbHhCV3RzMjJOY01DTDJm>

Zz09

ミーティング ID: 897 0375 9558

パスコード: 013258

本講習会に関連するソースコード、ドロップゾンデデータ、再解析データは以下のページからダウンロードすることができます。

https://www.dropbox.com/s/y2iau096vskwzmp/DS_obs.zip?dl=0

実習中に分からないことがある場合、先に進めなくなってしまった場合には slack を使って質問をしてください。名大関係者よりできるだけ速やかに回答したいと考えております。VL 講習会参加者のみなさまには slack のチャンネルへの招待を送っていると思います。講習会開始前に招待を承諾しておいてください。送られていない場合には、篠田太郎までお知らせください。

VL 講習会期間中に懇親会も行います。他大学の研究者や学生と知り合いになる良い機会だと思いますので、積極的に参加してお話ししていただくと良いと思います。懇親会は gathertown を用います。アクセスポイントは以下の通りです。講習会期間中は開けておきます。

<https://app.gather.town/events/bXo6bIxBbzlw34sgGEno>

2. 台風のドロップゾンデ観測について

2-1. 高層気象（ラジオゾンデ）観測について

ラジオゾンデは、上空の気温、湿度、風向、風速などを観測する機器で、気球に吊るして上昇していく間に、観測値を地上に設置された受信機に送信する気象観測機器です（図 2-1）。高層気象観測は全世界で 1 日あたり 2 回（世界標準時 00Z と 12Z、日本時間では 09 時と 21 時）実施され、観測結果は世界気象機関（World Meteorological Organization: WMO）に集約された後、各国の気象機関（日本では気象庁）に配信され、天気予報の初期値・同化値として使用されます。日本国内では 16 か所（図 2-2 左）で実施されています。高層気象観測点の全球分布（図 2-2 右）を見ると、東アジア、ヨーロッパ、北米大陸などで観測点が多い一方、アフリカ大陸、南アメリカ大陸、大洋上、極地（南極・北極）では観測点が少なく、観測点の密度に偏りがあることが見て取れます。これらを補完するために、高層気象観測を実施できる機器を備えた船舶（日本では気象庁や海洋研究開発機構が保有しています）を用いた観測が行われることがあります。また、特別強化観測などで、ある期間だけ高層気象観測点を設置して観測を実施する、高頻度観測（1 日当たり 4 回、もしくは 8 回）を実施する場合があります。高層気象観測の結果は、第 3 章で記述するドロップゾンデ観測の結果と同じような書式のファイルですので、今回の講習会のスクリプトの入力データの読み込み部分を変更することで描画を行えます。

高層気象観測については気象庁の解説サイトにまとめられています（<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/upper/kaisetsu.html>）。高層気象観測の結果は、米国のワイオミング大学の Atmospheric Soundings（付録 A）から入手できます。



図 2-1 (左) 気象庁で使用しているラジオゾンデ。気象庁の解説サイトより引用 (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownupper/kaisetsu.html>)。(右) 自動放球装置からのラジオゾンデ放球風景。

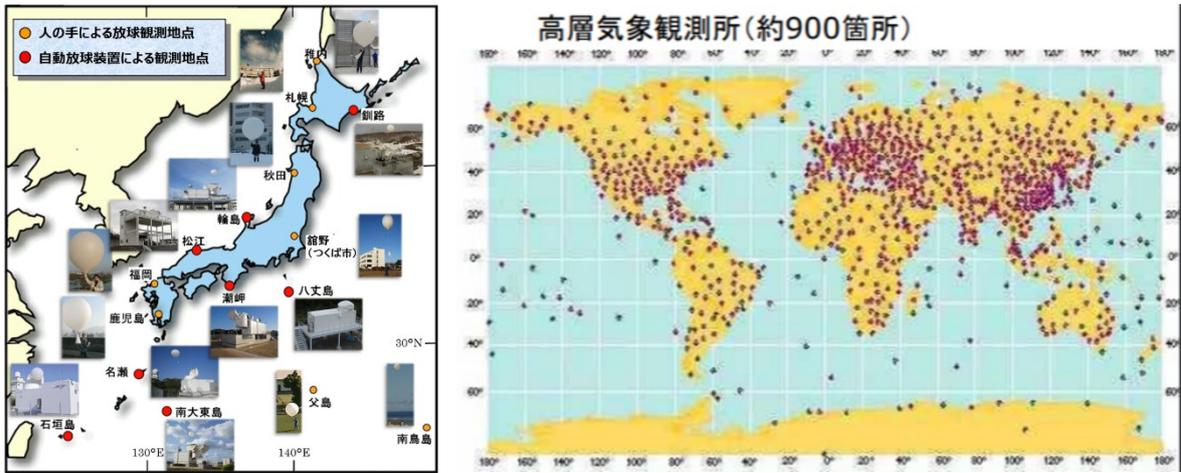


図 2-2 (左) 日本国内の高層気象観測地点の分布。気象庁の解説サイトより引用しています (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownupper/kaisetsu.html>)。(右) 全球の高層気象観測地点の分布。藤原 (2011) 「気象監視のための新しい高層気象観測ネットワーク GRUAN」より引用しています。

2-2. ドロップゾンデ観測について

ドロップゾンデ観測は、高層気象観測では観測できない気象現象を観測するために、その現象の近傍や周辺で航空機からラジオゾンデ機器を投下して鉛直プロファイルを観測するものです。通常では観測できない場所（海洋上や台風などの激しい気象現象の近傍）で観測を行えること、複数のドロップゾンデを連続して投下することで高密度な時空間観測を行うことが可能であることが特徴です。

米国ではハリケーンの進路予報のために航空機を用いたドロップゾンデ観測が多く実施されており、適切なフライトの方法なども提唱されています。”NOAA Hurricane hunter”で検索すると、興味深い動画を見つけることができますと思われる。台湾では、15年以上にわたって台風の周辺で航空機からのドロップゾンデ観測を行い、台風の進路予測に活かそうという研究 Dropsonde Observations for Typhoon Surveillance near the TAIwan Region (DOTSTAR)”が国立台湾大学の Chun-Chie Wu 教授により行われています (Wu et al. 2005, Chou et al. 2011)。

日本では、ダイヤモンドエアサービス社のジェット機 (ガルフストリーム II: G-II、図 2-3) にドロップゾンデシュータ (投下機器) が搭載された後、2004~2005 年に梅雨前線周辺の気団の観測 (Moteki et al. 2006, Maeda et al. 20008) や 2005 年に熱帯海洋上での観測 (Moteki et al. 2007) が実施されました。2008 年には台風を対象とした米国・台湾・ドイツ・日本などが参加した国際共同研究 THE Observing-system Research and Predictability Experiment (THORPEX) - Pacific Asian Region Campaign (T-PARC) により、ドイツの航空機を利用してドロップゾンデ観測を実施し、台風の進路予測の向上を図る研究が実施されました (Nakazawa et al. 2010)。

その後、しばらく日本国内ではドロップゾンデ観測が行われていませんでしたが、2016 年度に名古屋大学の坪木和久教授の「豪雨と暴風をもたらす台風の力学的・熱力学的・雲物理学的構造の量的解析」が科学研究費補助金基盤 S に採択され、Tropical cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts (T-PARCII) の枠内で、台風を対象としたドロップゾンデ観測が開始されました。T-PARCII は、台風の中心付近や周辺でのドロップゾンデ観測を行い、数値シミュレーションへのデータ同化などを通じて、台風の進路・強度予測の改善を図ることを目的としています。これまでに、2017 年 21 号台風 Lan、2018 年 24 号台風 Trami などを対象としてドロップゾンデ観測を行っています。

観測の様子を写真で示します。2017 年と 2018 年の観測には G-II (図 2-3) を使用しました。機内の様子を図 2-4 (左) に示します。機内には 10 席分のスペースがありますが、ドロップゾンデシュータと受信機 2 台を設置するために、搭乗可能な関係者は 7 名です。ドロップゾンデの受信機、観測機器は明星電気株式会社製です。ドロップゾンデは、近年のマイクロプラスチック問題を鑑みてとうもろこし素材で作られています。図 2-4 (右) の写真下部に温度センサと湿度センサが、内部に GPS と圧力センサが取り付けられており、取得された温度、湿度、圧力などの観測値をアンテナから 400 MHz 帯の電波により送信しています。この電波

を、航空機内に搭載されている受信機で受信し、データとして格納していきます。図 2-5 が受信機の画面です。受信機 1 基でドロップゾンデ 2 基分のデータを受信することができます。図中では左側のディスプレイに観測されている温度、相対湿度、気圧、風向、風速の鉛直プロファイルが表示されています。右側のディスプレイは、セットアップしたドロップゾンデ（投下待機中）であることが表示されています。観測時には、受信機を 2 基搭載しているのので、同時に 4 基のドロップゾンデ観測を行うことが可能です。

これまでに、2017 年 21 号台風 Lan を対象として実施したドロップゾンデ観測のデータを用いて、台風の内部コア領域の研究（Tsujino et al. 2021, Yamada et al. 2021）や同化の効果の研究（Ito et al. 2018）などが行われました。

本講習会では、2017 年 21 号台風 Lan、2018 年 24 号台風 Trami のデータを公開し、これらのドロップゾンデ観測の結果のデータ処理と描画を行っていただけます。

なお、2021 年にはダイヤモンドエアサービス社の新しい航空機（ガルフストリーム IV : G-IV）により台風 16 号 Mindulle を対象としたドロップゾンデ観測も行いました。現時点では台風 Mindulle の観測結果は公開していませんが、今後公開する予定です。早期に台風 Mindulle のデータを用いた解析を行いたい場合には、T-PARCII 主催者である坪木和久教授までご相談ください。



図 2-3 2018 年までの観測に使用していたダイヤモンドエアサービス社のジェット機 G-II。



図 2-4 (左) G-II の機内風景。手前の青い服を着ている方が操作しているものがドロップゾンデの投下装置（シュータ）です。前方のラックに収められている機器がドロップゾンデの受信機です。G-II の搭乗可能人員は 7 名でした。(右) ドロップゾンデ本体。写真の姿勢で落下していくと考えられる。下部に温度センサと湿度センサがある。

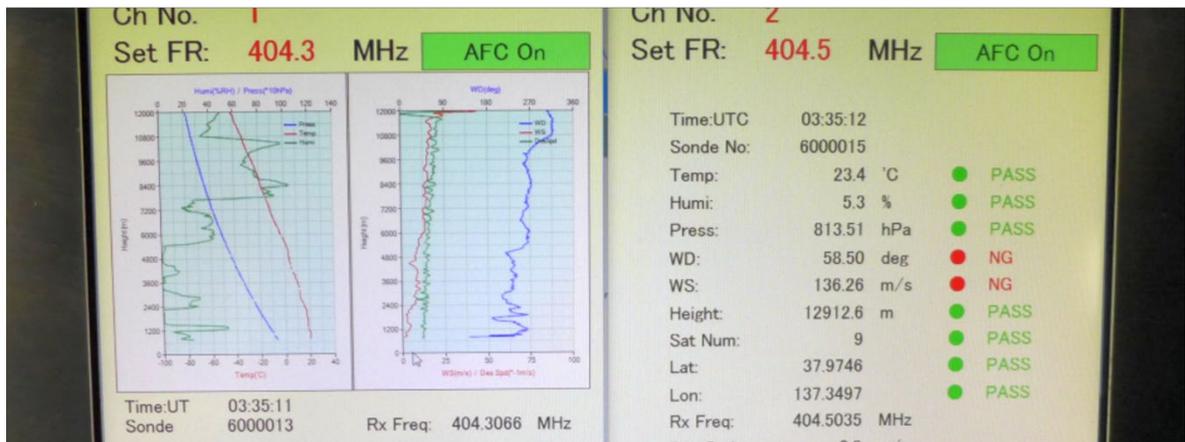


図 2-5 観測期間中のドロップゾンデ受信機の表示画面。左ディスプレイは観測中（ドロップゾンデが海面近くまで到達している状況）の画面。左ディスプレイの左図で赤線は気温、青線は気圧、緑線は相対湿度の鉛直プロファイルを、右図で赤線は風速、青線は風向を示す。右は投下前のドロップゾンデの状況を示している。

3. ドロップゾンデ観測データの処理手順

3-1. Anaconda のインストール

Python では様々な気象解析用のツールが提供されています。今回の講習会では、Anaconda という Python の実行環境を提供するプラットフォームを利用して断熱図（エマグラムや skewT-logP ダイアグラム）を描くスクリプトを実行していきます。SkewT-logP ダイアグラムは、等温線の軸を斜めに設定したもので、大気の湿潤・乾燥を容易に可視化できるという利点があります。

Anaconda のインストール方法の詳細は、名古屋大学宇宙地球環境研究所気象学研究室の西井章さんのページを参照してください。本講習会マニュアルの付録 B にも西井さんのページの内容をお記述しています。

http://www.rain.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~nishii/tech/python3/install_anacn_py.html

今のところ、Windows, Mac, Linux (Ubuntu) でインストールを行えることを確認しております。講習会前に予め試していただくと問題点が理解できるので良いと思います。また、当日にインストールを頑張ってみるという形でも良いです。

3-2. 作業環境（ディレクトリ構成）の構築

今回の講習会に限りませんが、作業環境の構築は非常に重要です。プログラムを実行する前に、実行ファイル、入出力データ、ソースファイルなどをどのようなディレクトリ構成で配置しておくのかを検討しておきましょう。以下の項目を考えましょう。

- ・ 作業はどのディレクトリで実行するのか？
- ・ 入力データはどのディレクトリに格納しておくのか、入力データの種類毎にディレクトリを分けるのか？
- ・ 出力した中間ファイルや図をどのディレクトリに格納するのか？などは、解析を始める前におおよそ想像しておく必要があります。

例えば、今回の描画プログラムの実行に際して、篠田は以下のようなディレクトリ構成としてみました。

dropsonde	解析を行うおおもとのディレクトリ
+----- work	Python の実行スクリプトを格納しておく
	実行もここで行う
+----- input_data	入力データの格納ディレクトリ
+----- dropsonde	ドロップゾンデデータ
+----- T201721lan	2017 年台風 Lan のドロップゾンデデータ

		+----- T201824trami	2018 年台風 Trami のドロップゾンデデータ
			観測の日付毎に分けても良い
		+----- JRA55	再解析データ
+-----	figures		出力した描画をまとめるディレクトリ

※ あくまでも一例ですので、ディレクトリ構成はみなさんの好みで行っていただければ良いと思います。ただ、入力データ、実行ファイル、出力ファイル、出力図などが全てごちゃごちゃと一つのディレクトリにあると、事故（不要なファイルを削除するつもりが必要なファイルまでまとめて削除してしまうなど）が起こる可能性も高くなります。

このように自分自身で構築したディレクトリ構造に従って、スクリプト、データなどを適切なディレクトリに振り分けましょう。

3-3. ドロップゾンデデータの内容

今回のドロップゾンデデータはテキスト形式です。以下のようなデータが格納されています。

- ・第 1 列・第 2 列：データ修正フラグ（現在は使用していません）
- ・第 3 列：投下後からの経過時間（単位：秒）
- ・第 4 列：時刻（世界標準時 UTC）
- ・第 5 列：緯度（単位：度）
- ・第 6 列：経度（単位：度）
- ・第 7 列：ジオポテンシャル高度（海面からの高度、単位：m）
- ・第 8 列：気圧（単位：hPa）
- ・第 9 列：東西風（単位：m/s）
- ・第 10 列：南北風（単位：m/s）
- ・第 11 列：気温（単位：℃）
- ・第 12 列：相対湿度（単位：%）
- ・第 13 列：風速（単位：m/s）
- ・第 14 列：風向（単位：度）
- ・第 15 列：温位（単位：K）
- ・第 16 列：ドロップゾンデの落下速度（単位：m/s）

ドロップゾンデ投下後の毎秒のデータが各行に記述されています。その時刻のデータが取得できなかった場合には、undef 値である“−999.00”が格納されています。このデータは真値ではないので、解析や描画の際には取り除いておく必要があります。スクリプトでも除去している部分がありますので、確認してみましょう。地上からの高層気象観測（気球を用いたラジオゾンデ観測）の結果も同じような形で入っています。

これらの値を用いて、高度毎の露点温度、水蒸気混合比、相当温位などを計算することがで

きます。そして、これらの値の鉛直プロファイルを描いたものがエマグラムや skewT-logP ダイアグラムです。この後、これらを描く Python のスクリプトを見ていきます。

3-4. データ処理手順 (スクリプトの内容)

本講習会に関連するソースコード、ドロップゾンデデータ、再解析データは以下のページからダウンロードすることができます。

https://www.dropbox.com/s/y2iau096vskwzmp/DS_obs.zip?dl=0

ダウンロードファイルの構成を付録 C に記します。

Python のスクリプトは “src” ファイルを解凍することで得られます。解凍は各自の作業環境 (Linux, Windows, Mac) で行ってください。解凍すると、“python_script” と “python_notebook” の 2 つのディレクトリがあります。

“python_script” 中のスクリプトファイルは、テキストエディタを使って内容を編集し、コマンドラインでスクリプトの実行を行うものです。こちらで実行する場合には、3-1 節で記述したように Anaconda などの Python プラットフォームがインストール済で、使用環境が整っている必要があります。

“python_notebook” 中のスクリプトファイル (~.ipynb) は、インタラクティブに実行できるスクリプトです。Jupyter lab などウェブブラウザ上から Python スクリプトを実行する環境で使用するものです。ソースコードをいくつかのセルに分割して実行し、その途中経過を見ることができるので間違いの箇所を理解しやすくなります。バグ取りなどを行う場合や図の描画内容の修正を行う場合にはこちらを用いると便利です。“python_notebook” の大まかな使い方についても西井さんのページ

http://www.rain.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~nishii/tech/python3/jupyterlab_tutorial.html

を参照してください。

以下の記述は、“python_script” の内容に沿って記述します。この中には、以下の 8 つの Python スクリプトと “00_Readme_py.txt” (スクリプトの説明) があります。

Draw_Emagram.py : ドロップゾンデデータからエマグラムを描画する

Draw_SkewT.py : ドロップゾンデデータから Skew-T ダイアグラムを描画する

Draw_SkewT_mul.py : 2 つのドロップゾンデデータを同じ Skew-T ダイアグラム (またはエマグラム) 上に描画する

Draw_PT.py : ドロップゾンデデータから温位エマグラムを描画する

Draw_SkewT_JRA55.py : JRA55 の任意の点における Skew-T (または

	エマグラム) を描画する
Draw_PT_JRA55.py :	JRA55 の任意の点における温位エマグラムを描画する
Draw_SkewT_ERA5.py :	ERA5 の任意の点における Skew-T (または エマグラム) を描画する
Draw_PT_ERA5.py :	ERA5 の任意の点における温位エマグラムを描画する

Python スクリプト実行は、以下のように行います。

Linux もしくは Mac で実行する場合 :

python3 スクリプト名 (例えば “Draw_SkewT.py” など)

Windows で実行する場合 :

python スクリプト名

実行すると、スクリプト内で指定されているドロップゾンデデータのファイルを読み込んで、その鉛直分布図が jpeg 形式で出力されると思います。うまくスクリプトが動かなかった場合には、エラーの内容を見て、原因を考えてみましょう。Python で使用しているライブラリの読み込みがうまくいっていない場合、入力ドロップゾンデデータのディレクトリ位置がうまく指定できていないことなどが考えられます。スクリプトが動かない場合には、その原因を一つ一つ潰していく必要があります。チューターに質問する場合でも、エラーの内容を調べてから尋ねる方が早く解決する可能性があります。

それでは、Python のスクリプトファイルを眺めてみましょう。skewT-logP ダイアグラムを描くプログラムは Draw_skewT.py です。このファイルテキストエディタで開きます。最初の数行 (ライブラリのインポートの部分) はおまじないのようなものです。気象で使用するパラメータの計算や描画用のライブラリを参照するコマンドです。本格的に Python を使って解析を行おうとする場合には、これらのライブラリの内容や依存関係などを正確に理解しておく必要がありますが、現状ではデータを読み込んで図を描くためのおまじないだと思っておけば良いと思います。

読み込むデータファイルはディレクトリの位置 (相対位置・絶対位置) も含めて正確に記述します。この部分を間違えると、実行したときに「データがありません」という内容のエラーメッセージが出てきますが、その場合には改めてディレクトリ構造やファイル名を確認すれば良いと思います。

その次に、データを読み込んで図を描いています。skewt.ax や skewt.plot で図を描く準

備をしています。図は単なる折れ線グラフで、温度（横軸：ただし軸線は斜めになっている）の値を気圧（縦軸）の値の座標点を連続して直線で結んでいます。このため、ドロップゾンデ観測結果で高度が逆転していたりすると、線がジグザグになったりもします。ただし、`undef` 値が入っているところは読み飛ばしています。

このスクリプトでは描画まで行います。出力ファイルの名前（入力ファイルの時刻部分から引用する）や書式（`jpeg` 形式で出力する）などはスクリプトの最後の数行で設定しています。これらをスクリプトで一括処理する（中級編）で一気に描画を行うことも可能となります。画像ファイルですので、各自の PC のソフトウェアからファイルを見てください。図の縦軸や横軸の記述方法や、図自体のタイトルをつけたりしてみてください。

3-5. データ処理手順（次のステップ）

スクリプトを実行して鉛直プロファイルを描画できたら、次のステップに進みましょう。

“`Draw_SkewT_mul.py`” スクリプトは、異なる 2 本のプロファイルを描くことができます。異なるドロップゾンデ（例えば台風の中と壁雲の中、もしくは台風の中と台風から離れた場所）の入力データのファイル名をセットして実行してみましょう。これらのプロファイルを見てみることで、温度や湿度の内部構造の違いを推定する手掛かりを得られます。Yamada et al. (2021) はこのような解析方法の参照となる論文であると考えられます。

また、これらのドロップゾンデ観測データと再解析データの比較を行うスクリプトも用意いたしました。再解析データとは、最新の数値予報システムにその時点での観測データを後から同化することで、精度の高い数値予報結果を均質に提供しています。気象現象や気候研究の環境場を調べる際には有効で、各国の気象機関により提供されています。本講習会では、日本の気象庁から提供されている気象庁 55 年長期再解析（JRA55 : Kobayashi et al. 2015）とヨーロッパ中期予報センター（European Center for Medium-Range Weather Forecasts: ECMWF）から提供されている再解析データ ERA5 (Hersbach et al. 2020) のうち、ドロップゾンデ観測に該当する時刻のデータも提供しています。“`Draw_SkewT_JRA55.py`” や “`Draw_PT_JRA55.py`” では任意の観測点における JRA55 のデータとの比較を、“`Draw_SkewT_ERA5.py`” や “`Draw_PT_ERA5.py`” では ERA5 とのデータの比較を行うことができます。観測値と再解析データの値の比較を行い、その結果の相違について考えてみると良いと思います。

付録 A. 高層気象観測データのアーカイブサイト (Atmospheric Sounding) について

解析を行う際には、高層気象観測データが必要になることがあります。その際、ワイオミング大学の高層気象観測データのアーカイブサイト (Atmospheric Soundings) を利用すると便利です。

<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

から、高層気象観測データ (テキスト形式) や描画結果をダウンロードすることができます。サイトのトップページを図 A-1 に示します。図 A-1 上部のプルダウンメニューから以下の項目を選択して、高層気象観測データをダウンロードします。

Region	Southeast Asia
Type of plot	Text: List
Year	設定します。
Month	設定します。
From	日付と時刻 (1 日 2 回 00Z と 12Z) です。設定します。
To	同上
Station Number	対象領域に近い観測点を選択します。地図上でカーソルを合わせると、最適な観測点の選択を行えます。

※今回、改めてデータを眺めてみると、日本国内の高層気象観測点でも潮岬、松江、輪島、釧路などの観測データを取得できなくなっているなど、アーカイブデータの不備が目立つようになってきているという印象を受けました。

転載しているのは Linux 用の部分ですが、西井さんのページには Windows 用、Mac 用のインストール手順を記述しているページもあります。各自の環境に合わせてページを参照してください。

このページでは 2022 年度の VL 講習会向けに、Anaconda を使って Python 環境構築する場合の一例をまとめています。ここでは Ubuntu 20.04LTS の場合を紹介します。Ubuntu 16.04LTS 以上、CentOS 7 以上ならこのページの方法でインストールできるはずです。
*全部インストールすると 10 GB 近くになります。インストール前に HDD(SSD)の容量確認することをおすすめします。

1. Anaconda をインストールする

[ここ](#)から Anaconda のインストーラをダウンロードする (Linux の場合はシェルスクリプト)。



Ubuntu や CentOS であれば “64-Bit (x86) Installer” を選択

ダウンロード後、ターミナル上でインストーラを実行する。

```
1. sh Anaconda3-2021.11-Linux-x86-64.sh
2.
3. #長いライセンスの話(エンター押しっぱなしで飛ばせる)
```

```
4.
5. Last updated April 5, 2021
6.
7. Do you accept the license terms? [yes|no]
8. [no] >>>
```

"Do you accept ~?"が出たら yes"と入力してライセンスに同意する(さもないと永遠にインストールできない)

```
9. Anaconda3 will now be installed into this location:
10. /home/user/anaconda3
11.
12. - Press ENTER to confirm the location
13. - Press CTRL-C to abort the installation
14. - Or specify a different location below
15.
16. [/home/user/anaconda3] >>>
```

Anaconda3 のインストール先を確認される。デフォルト(/home/user(ユーザ名)/anaconda3)で良ければ何も打たずにエンターを押す。

その他の場所にインストールしたい場合はそのパスを指定する(多くの場合デフォルトで問題ないはず)。

```
17. PREFIX=/home/user/anaconda3
18. Unpacking payload ...
19. Collecting package metadata (current_repodata.json): done
20. Solving environment: done
21.
22. ## Package Plan ##
23.
24. environment location: /home/user/anaconda3
25.
26. #この間、色んなものがインストールされるのでたくさん出力がある。
27.
28. Preparing transaction: done
29. Executing transaction: done
30. installation finished.
```

```
31. Do you wish the installer to initialize Anaconda3
32. by running conda init? [yes|no]
33. [no] >>>
```

一番最後に Anaconda3 の初期化について聞かれる。よく分からないなら"yes"と答えるのが無難(デフォルトでは no になっている)。"yes"にすると ~/.bashrc に anaconda 起動に関する設定が保存され、次回ターミナル起動時に自動的に base 環境も起動するようになる。インストール後にターミナルを再起動し、先頭に(base)と表示されていればインストール成功している。表示されていない場合、

```
34. source /home/user/anaconda3/bin/activate # (path to
    conda)/bin/activate
35. conda init
```

とすれば yes とした場合と同様の状態になる。ならなければインストール失敗しているので最初からやり直るのがベター。

2. 解析用の仮想環境を構築する

仮想環境を構築し、必要なライブラリのみをインストールすることでバージョン管理などが容易になる。仮想環境の構築は以下のように実施する。

```
36. conda create -n vl_lab -c conda-forge python=3.9
```

途中 "Proceed ([y]/n)?" と聞かれる。y を入力してからエンターを押すと仮想環境構築が始まる。

この場合 "vl_lab" という名前の環境が作られ、環境構築時に python3.9 がインストールされる (vl_lab は任意の名前に変えても良い)。-n は環境名を指定するオプション、-c はライブラリのインストール元を指定するオプションである (今回は conda-forge を使う)。

3. 構築した仮想環境への移動

以降、"vl_lab" という仮想環境を作ったものとする。conda activate を実行することで仮想環境に切り替わる。

```
37. (base) conda activate vl_lab
38. (vl_lab) #Activate した仮想環境に切り替わる
```

4. 研究に必要なツールのインストール

気象データの解析に必要なライブラリを `vl_lab` 環境にインストールする。`numpy` や `matplotlib` など主要なものは以下のものをインストールする際に依存関係(あるライブラリが動作するために必要なライブラリ)と一緒にインストールされる。

仮想環境が `vl_lab` であることを確認した後(ターミナルの先頭が(`vl_lab`)であれば良い), 以下のコマンドを順番に実行する。`-c conda-forge` は `conda-forge` からインストールすることを示し, `-y` はインストールの確認をスキップするオプションである。

- `netCDF4` (ERA5 などで使われているデータ形式である `netCDF` を扱うためのライブラリ) [公式ドキュメント](#)

```
1. conda install -y -c conda-forge netCDF4
```

- `cfrib` (JRA-55 などのデータ形式である `GRIB` を扱うためのライブラリ) [公式ドキュメント](#)(GitHub)

```
2. conda install -y -c conda-forge cfrib
```

- `jupyterlab` (Python の開発・実行環境) [公式ドキュメント](#)

```
3. conda install -y -c conda-forge jupyterlab
```

- `metpy` (気象データの解析に特化したライブラリ) [公式ドキュメント](#)

```
4. conda install -y -c conda-forge metpy
```

5. ライブラリがインストールできたかどうか確認する

ここでは `python3` のインタラクティブモードでライブラリをインポートすることにより確認する。 `##`はコメント(入力しなくて良い)

```
43. (vl_lab) python3
```

```

44. #Python 3.9.10 | packaged by conda-forge | (main, Feb 1 2022,
    21:24:11)
45. #[GCC 9.4.0] on Linux
46. #Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more
    information.
47. >>> import numpy
48. >>> import matplotlib
49. >>> import pandas
50. >>> import xarray
51. >>> import cfgrid
52. >>> import metpy
53. >>> import netCDF4
54. >>> exit() #インタラクティブモードを終了する。

```

エラーメッセージ等が表示されなければインストールが成功している。

“ModuleNotFoundError: No module named ライブラリ名” とエラーが出てきた場合、そのライブラリを再度 conda install によりインストールしてからもう一度確認してみる。

6. Conda-forge からのインストールを最優先させる

先ほどは c オプション(-c conda-forge)により全てのライブラリを conda-forge からインストールするよう指定していた。C オプションで指定しなかった場合、初期設定では Defaults チャンネルからインストールするようになっている。Defaults チャンネルと conda-forge チャンネルのライブラリは互換性はあるが 100%ではないため、混ぜると不具合が生じることがある。

したがって、ここではデフォルトで全てのライブラリを conda-forge からインストールするための設定をおこなう。

```

55. conda config -add channels conda-forge    #conda-forge をインストール時
    に最優先で参照するチャンネルとして追加
56. conda config -set channel_priority strict #conda-forge から全てのライ
    ブラリや依存関係をインストールする
57. conda config -get channels                #現在のチャンネル設定の表示
58. #--add channels 'defaults' # lowest priority
59. #--add channels 'conda-forge' # highest priority

```

以上により、conda-forge が最優先で参照するチャンネルとなった。これ以降、`-c conda-forge` を入力しなくても conda-forge からインストールされるようになる。

7. その他 (以下の設定は任意)

○ ターミナル起動時に base 環境ではなく解析環境を起動させる

デフォルトではターミナルを開いた際に(base)環境が起動するようになっている。最初から解析環境を起動させたい場合は`~/.bashrc`の最後に以下の行を追加する。

```
60. conda activate vl_lab #vl_lab は任意の仮想環境名
```

これによりターミナル起動時に”conda activate vl_lab”が実行されるようになる。ターミナルを再起動すると最初から vl_lab 環境になっているはず。

○ ターミナル起動時に anaconda を起動しないようにする

デフォルトではターミナルを開いた際に自動で anaconda が起動する。自動で起動させないようにするためには以下のコマンドを実行する。

```
61. conda config --set auto_activate_base false
```

これで次回ターミナル起動時から自動で anaconda が起動しなくなる。起動する場合

```
62. conda activate
```

```
63. (base) #anaconda 起動
```

とすることで anaconda が起動する。逆に自動起動を有効にしたい場合は

```
64. conda config --set auto_activate_base True
```

とすると、次回以降自動で anaconda が起動するようになる。

○ その他気象データ解析に使いそうなライブラリのインストール

以下は必要に応じてインストールしてください。

- ・ Py-ART: 気象レーダデータ解析・可視化ライブラリ [公式ドキュメント](#)(GitHub)
 - *日本のレーダデータを処理するには CF-Radial 形式等に変換をする必要がある。

```
Conda install -y -c conda-forge arm_pyart
```

- PyBufKit: Python で BUFR フォーマットのデータ(気象庁ウィンドプロファイラ等)をデコードする [公式ドキュメント](#)
anaconda にないので pip からインストールする

```
pip install pybufkit
```

- Satpy: 衛星データの処理・可視化ライブラリ [公式ドキュメント](#)

```
conda install -y -c conda-forge satpy
```

付録 C. 本プログラムのディレクトリ構成

ダウンロードしたファイルのディレクトリの構成は以下の通りです。再解析データは容量が大きいので、別のアーカイブファイルとしています。

VL2021_lecture_DSobs_manual.pdf 本講習会のマニュアル (このファイル)

```
DS_obs            (本マニュアル+Python ソースコード+ドロップゾンデデータ)
|
+- src
|   +--- pyshon_script            PC 上で実行する Python スクリプト群
|   +--- python_notebook        ブラウザ上で実行する Python スクリプト群
|
+--- data
     +--- DS_data
         |   +--- T201721_lan        台風 Lan のドロップゾンデデータ
         |   |                      (日付毎に分かれている)
         |   +--- T201824_trami    台風 Trami のドロップゾンデデータ
         |   |                      (日付毎に分かれている)
```

```
DS_obs_reanal    (関連する再解析データ)
+--- JRA55        気象庁 JRA55 再解析データ
|   +--- 2017     台風 Lan との比較用データ
|   +--- 2018     台風 Trami との比較データ
+--- ERA5        ECMWF ERA5 再解析データ
```

謝辞

本講習会で提供しているドロップゾンデ観測データは名古屋大学の坪木和久教授の科学研究費補助金基盤研究S「豪雨と暴風をもたらす台風の力学的・熱力学的・雲物理学的構造の量的解析」で実施された観測結果を使用しております。比較対象として用いる JRA55 のデータはデータ統合・解析システム DIAS (<https://diasjp.net/>) から、ERA5 のデータは Copernicus Climate Data Store (<https://cds.climate.copernicus.eu>) から入手しました。いずれも研究目的で使用する場合には無料で提供されますが、ユーザ登録が必要となります。本講習会では Python の実行環境として Anaconda を使用しております。Python の解析・描画スクリプトは名古屋大学宇宙地球環境研究所(大学院環境学研究所)気象学研究室の学生有志により作成されたものです。

参考文献

- Chou, K.-H., C.-C. Wu, P.-L. Lin, S. D. Aberson, M. Weissmann, F. Harnish, and T. Nakazawa, 2011: The impact of dropwindsonde observations on typhoon track forecasts in DOTSTAR and T-PARC. *Mon. Wea. Rev.*, **139**, 1728-1743, doi:10.1175/2010MWR3582.1.
- Hersbach, H., B. Bell, P. Berrisford, S. Hirahara, A. Horányi, J. Muñoz-Sabater, J. Nicolas, and et al., 2020, The ERA5 Global Reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **146**, 1999–2049, doi:/10.1002/qj.3803.
- Ito, K., H. Yamada, M. Yamaguchi, T. Nakazawa, N. Nagahama, K. Shimizu, T. Ohigashi, T. Shinoda, and K. Tsuboki, 2018: Analysis and forecast using dropsonde data from the inner-core region of tropical cyclone Lan (2017) obtained during the first aircraft missions of T-PARCII. *SOLA.*, **14**, 105-110, doi:10.2151/sola.2018-018.
- Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebata, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, **93**, 5–48, doi:10.2151/jmsj.2015-001.
- Maeda, S., K. Tsuboki, Q. Moteki, T. Shinoda, H. Minda and H. Uyeda, 2008: Detailed structure of wind and moisture fields around the Baiu frontal zone over the East China Sea. *SOLA*, **4**, 141-144, doi:10.2151/sola.2008-036.
- Moteki, Q., T. Shinoda, S. Shimizu, S. Maeda, H. Minda, K. Tsuboki, and H. Uyeda, 2006: Multiple Frontal Structures in the Baiu Frontal Zone Observed by Aircraft on 27 June 2004. *SOLA*, **2**, 132-135, doi:10.2151/sola.2006-034.
- Moteki, Q., R. Shirooka, K. Yoneyama, B. Geng, M. Katsumata, T. Ushiyama, H. Yamada, K.

- Yasunaga, N. Sato, H. Kubota, K. K. Reddy, H. Tokinaga, A. Seiki, M. Fujita, Y. N. Takayabu, M. Yoshizaki, H. Uyeda, and T. Chuda, 2007: The impact of the assimilation of dropsonde observations during PALAU2005 in ALERA. *SOLA*, **3**, 97-100, doi:10.2151/sola.2007-025.
- Nakazawa, T., K. Bessho, S. Hoshino, T. Komori, K. Yamashita, Y. Ohta, and K. Sato, 2010: THORPEX – Pacific Asian Regional Campaign (T-PARC), Technical Review No. 12, RSMC Tokyo - Typhoon Center, 4pp.
- Tsujino, S., K. Tsuboki, H. Yamada, T. Ohigashi, K. Ito, and N. Nagahama, 2021: Intensification and maintenance of a double warm-core structure in Typhoon Lan (2017) simulated by a cloud-resolving model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **78**, 595-617, doi:10.1175/JAS-D-20-0049.1
- Wu, C.-C., P.-H. Lin, S. Aberson, T.-C. Yeh, W.-P. Huang, K.-H. Chou, J.-S. Hong, G.-C. Lu, C.-T. Fong, K.-C. Hsu, I.-I. Lin, P.-L. Lin, and C.-H. Liu, 2005: Dropsonde Observations for Typhoon Surveillance near the Taiwan Region (DOTSTAR): An overview. *Bulletin of Amer. Meteor. Soc.*, **86**, 787-790.
- Yamada, H., K. Ito, K. Tsuboki, T. Shinoda, T. Ohigashi, M. Yamaguchi, T. Nakazawa, N. Nagahama, and K. Shimizu, 2021: The double warm-core structure of Typhoon Lan (2017) as observed through the first Japanese eyewall-penetrating aircraft reconnaissance. *J. Meteor. Soc. Japan*, **99**, 1297-1327, doi.org/10.2151/jmsj.2021-063.