

CARATSオープンデータの概要説明 ～ 航跡データ編 ～

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

電子航法研究所

岡 恵



- CARATS Open Data の概要
- 航空管制用 情報処理システム
- データフォーマットと作成方法
- CARATS Open Data 用ツール

CARATS Open Dataの提供

Collaborative **A**ctions for **R**enovation of **A**ir **T**raffic **S**ystems

「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」

2025年に向けて目指すべき目標、変革の方向性等を記述

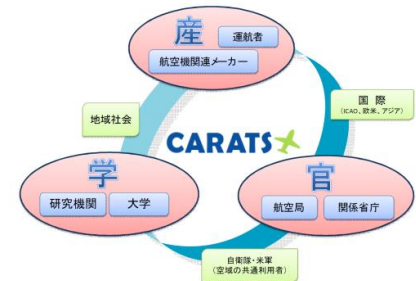


将来の航空交通システムの構築 研究開発の促進

2015年 2月～ 国土交通省航空局が提供開始

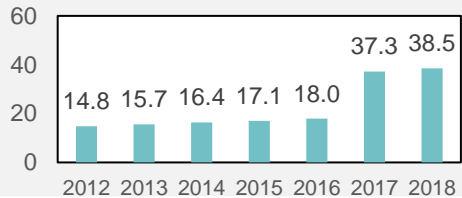
“ CARATS Open Data ”

CARATS Open Data 2018
の提供開始



CARATS Open Data の概要

CARATS Open Dataは、実運用データを元にした大規模な航跡データ

期間	2012年度から 2018年度 まで 2012～2016 奇数月の1週間 2017～2018 毎月の1週間	合計 54週間
含まれる便数	のべ約 158万便 の航跡データ	
データソース	レーダーデータ (航空路管制、ターミナル管制(羽田、福岡)、飛行場管制(羽田、福岡)) 位置通報データ(洋上管制)、飛行計画データ	
対象範囲	日本が管轄する 福岡飛行情報区 (FIR: Flight Information Region) レーダー管制空域 (2012～2014)、 全域 (2015～2018)	
対象便	計器飛行方式 による 定期便 軍用機・自家用機などは対象外	
データ形式	約 10秒 間隔、時系列のCSV形式 ターミナルは約8秒間隔、洋上は約1分間隔、飛行場面は約1秒間隔	

2012～2014



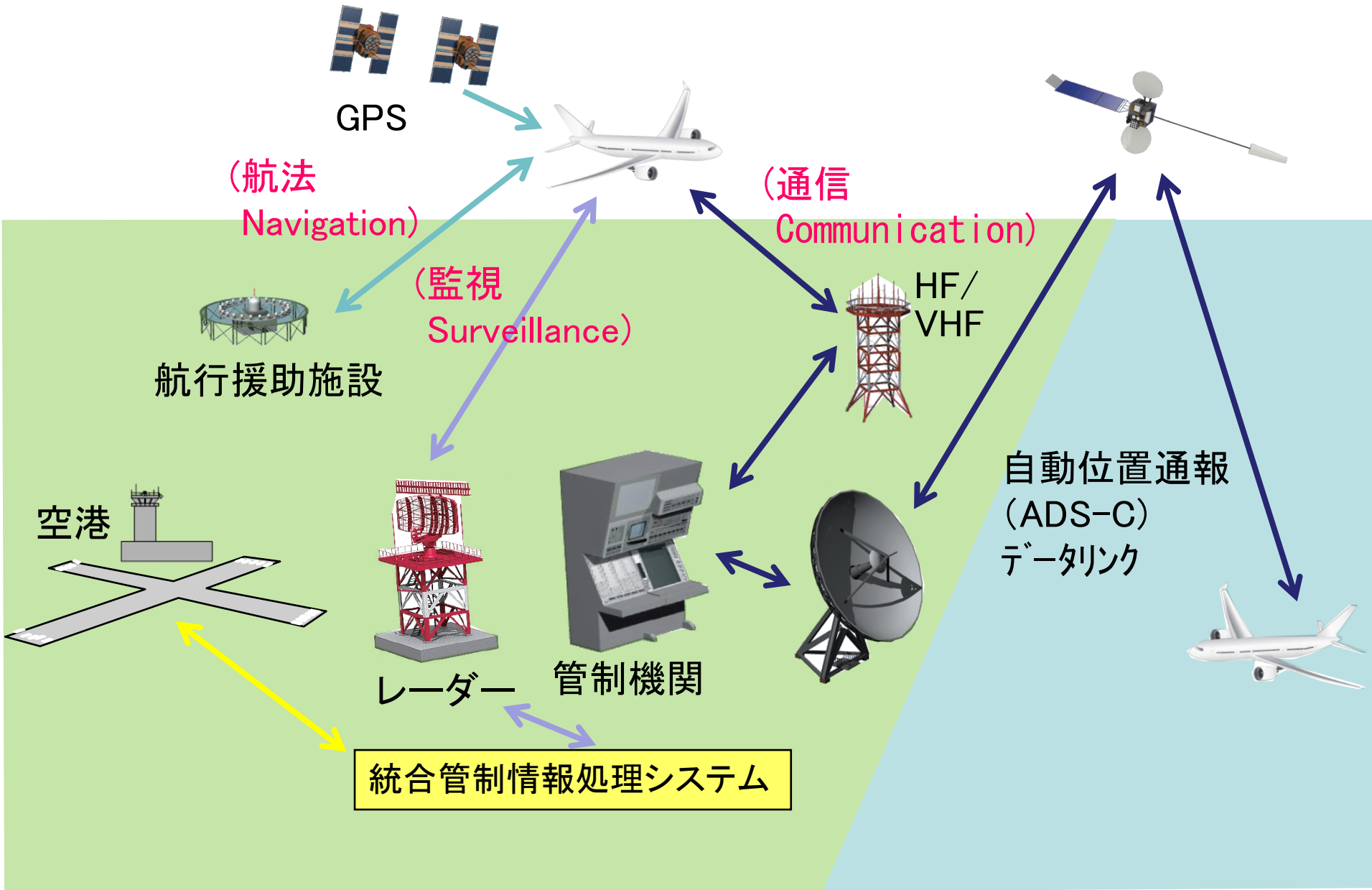
福岡FIR内の
レーダー管制空域

2015～2018

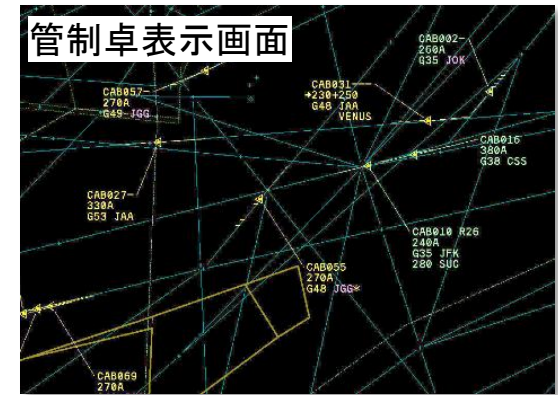
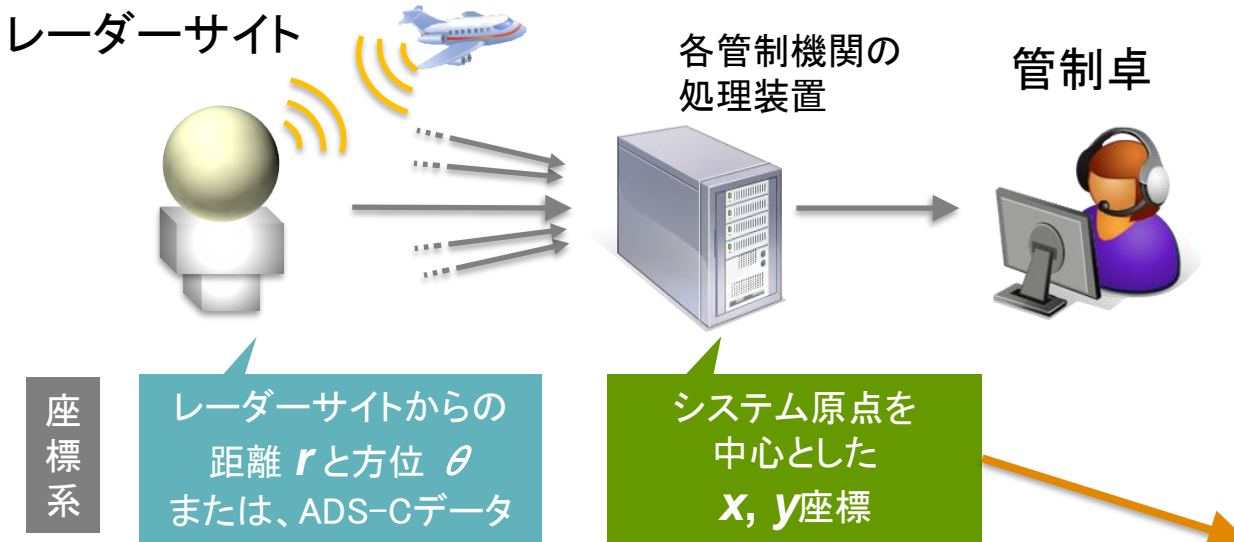


福岡FIR全域

航空交通システム



データの作成方法



出典: 国土交通省

データ作成

変換

- ・角距離の算出
- ・球面三角法

緯度、経度

2012 球体
2013~回転楕円体



航跡の結合

精度の高い航跡を優先

新システムでは位置情報が
緯度経度で記録される

航空交通管理センター
(洋上管制)

札幌管制部

福岡管制部

福岡空港
(ターミナル管制、
飛行場管制)

那覇管制部

羽田空港
(ターミナル管制、
飛行場管制)

東京管制部

管制機関・システム毎に
データが記録される

参考文献

- 1) 岡、福田:「航空交通のオープンデータとその活用」、電子情報通信学会 システム数理と応用研究会 (2017)
- 2) 岡、福田、中村、上島:「航空交通の運用データの一般公開と活用(その3)」、第50期 日本航空宇宙学会年会講演会1D04 (2019)

データフォーマット

00:00:01.0 , AP00001 , 31.478958 , 126.609246 , 30066 , B763
00:00:01.0 , AP00002 , 33.195376 , 133.649586 , 36748 , A333
00:00:01.5 , AP00003 , 35.289176 , 133.370610 , 32000 , B77W
00:00:10.5 , AP00001 , 31.471519 , 126.635655 , 30025 , B763

時刻

便名

緯度

経度

高度

型式

時:分:秒
(日本時間)

月略称+
5桁の番号

度単位
小数点以下6桁

ft単位

国際機関が
定めた略号

データ時刻
(2013から、
1/10秒単位)

仮想便名

平滑xy座標から変換

平滑高度

航空機型式

航空路管制、ターミナル管制、洋上管制
飛行場管制

…結合して一つの航跡ファイル
…単体の航跡ファイル

「飛行中の航跡」
「飛行場面の航跡」

- 便名は、飛行中、飛行場面の航跡ファイル共通
- 日またがり便は前後の日で同一の便名

現在までのデータの拡充

年度	提供開始時期	データ期間	データソース				便名	時刻精度	地球形状
			航空路管制	ターミナル管制	洋上管制	飛行場管制			
2012	2015年2月	奇数月の一週間	四管制部	含まれない	含まれない	含まれない	FLT0001 一日単位で割振り	秒単位	回転楕円体
2013 2014	2016年8月			羽田空港				含む	
2015	2017年10月				羽田空港 福岡空港 (2021年6月～TAPS)	含む			
2016	2018年8月			毎月一週間				含む	
2017	2019年8月	毎月一週間	含む		羽田空港 福岡空港	AP00001 一週間単位で割振り			
2018	2021年12月 <small>NEW</small>			毎月一週間			含む	羽田空港 福岡空港	AP00001 一週間単位で割振り

研究促進
裾野拡大

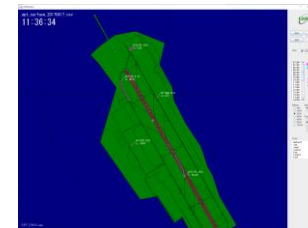
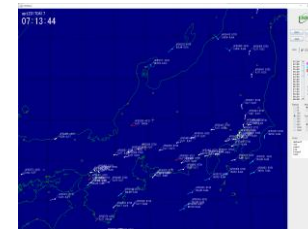


手軽に使用できる、分析ツールや
アルゴリズム(処理手順)の公開

飛行中航跡 動画表示ツール
「PlotTrack」

飛行場面航跡 動画表示ツール
「PlotSurface」

出発・到着空港推定ツール
「MakeApt」



```
E000, B700, NOTT ..., ROAH  
6146, A320, IGURU ..., ROAH  
6440, E190, RJOO ..., RJFK  
0610, A320, RJAA ..., RJFT  
1975, A320, RITT ..., RIFE
```

- ✓ JAVAで動作
- ✓ CARATS Open Dataに添付して配布
- ✓ 電子航法研究所で作成

出発・到着空港推定ツール

CARATS Open Data

```
08:00:00.0,AP00533,25.995265,127.180835,6146,A320  
08:00:00.0,AP00501,32.466773,132.001527,26440,E190  
08:00:00.0,AP00587,35.713651,139.443414,30610,A320
```

各便のデータ開始・終了点
に近い**空港・FIX**を推定

MakeApt

空港の
緯度・経度

FIR 境界線上 FIX
の緯度・経度

出発・到着空港や
入域・出域FIXを
末尾に付加して出力

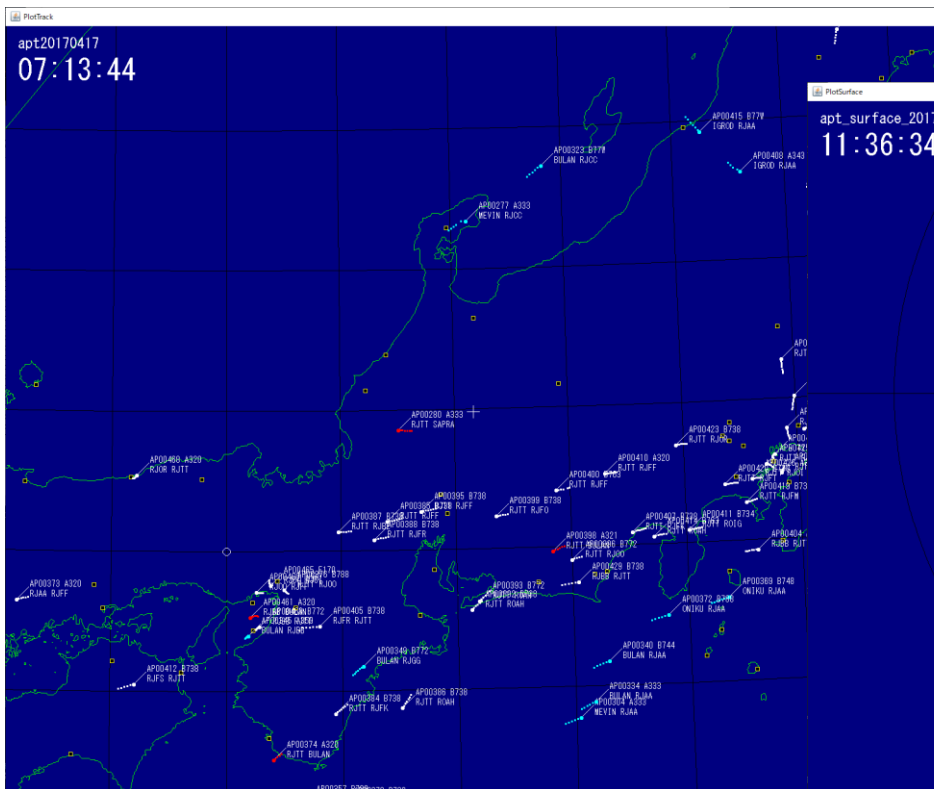
出力結果

```
08:00:00.0,AP00533,25.995265,127.180835,6146,A320,IGURU,ROAH  
08:00:00.0,AP00501,32.466773,132.001527,26440,E190,RJOO,RJFK  
08:00:00.0,AP00587,35.713651,139.443414,30610,A320,RJAA,RJFT
```

航跡動画表示ツール

12

PlotTrack (飛行中の航跡)



PlotSurface (飛行場面の航跡)



MakeAptの出力を読み込むことで
色分け表示、属性による絞り込みが可能

ツール利用時の注意

MakeApt

- 一週間分で**21個のファイルが揃っていないと動作しない**
(3つの時間帯(0時~12時、12時~18時、18時~24時) × 7日)
ファイルが不足する場合
⇒適切なファイル名の**空ファイルを同一フォルダに置く**ことで実行できる
- 実行時にSurfaceフォルダも追加指定することにより**飛行場面航跡にも**
空港・FIX名を付加できる

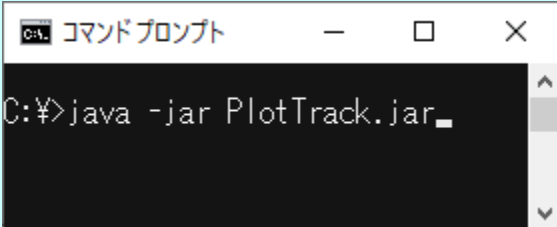
PlotTrack_v3

- v3では一日分の航跡を読み込むため**3個のファイルが揃っていないと動作しない**
⇒空ファイルを置く
- データの内容に**空欄があると動作しない** ⇒ダミーで良いので文字列を入れる

PlotSurface

- 航跡データの入っているフォルダ名で
背景に使用するマップを選択
⇒**フォルダ名はICAO4レターコード**
(RJTT, RJFFなど)

コマンドプロンプトなどで実行するとエラーメッセージが読める



```
cmd コマンドプロンプト
C:\>java -jar PlotTrack.jar
```

MakeAptの推定方法と特性

アルゴリズム

航跡データの開始点と終了点の高度で国内／国際を判定(20,000ft以上国際)

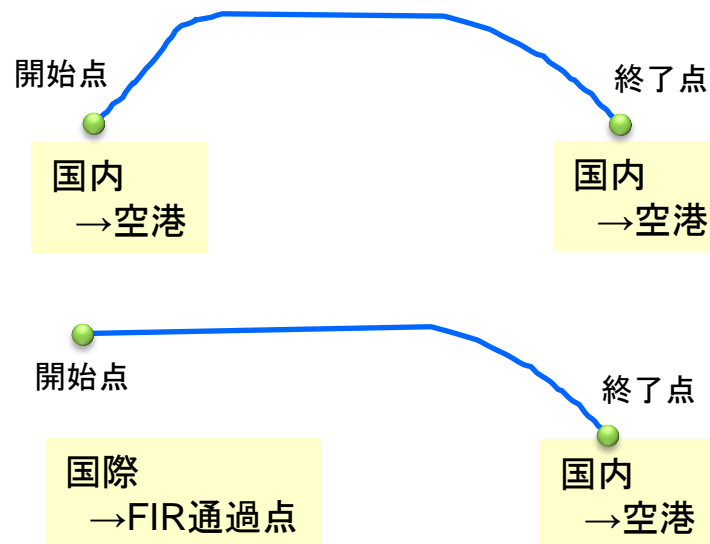
- 国内と判定された点は最も近い空港、
- 国際と判定された点は最も近いFIR通過点を探索
- すべてのデータに出発・到着空港(FIR通過点)を付加し出力

長所

- 高い正答率(国内線では99.4%)
- 飛行場面の航跡も同時に読み込むことで空港・通過点を付加
- 1週間単位の推定で日またがり便も正しく判定
- 過去のデータも使用可(主な対象は2017から)

短所

- 一週間のうち初日の開始点と最終日の終了点は間違い有り
- レーダーデータが欠けていれば間違い有り
- 高度によって国内／国際判定間違い



MakeAptの通常以外の利用法

MakeAptのアルゴリズム(近傍FIXの検出)から
FIR_Boundary.txtの編集により通過FIXの判定が可能

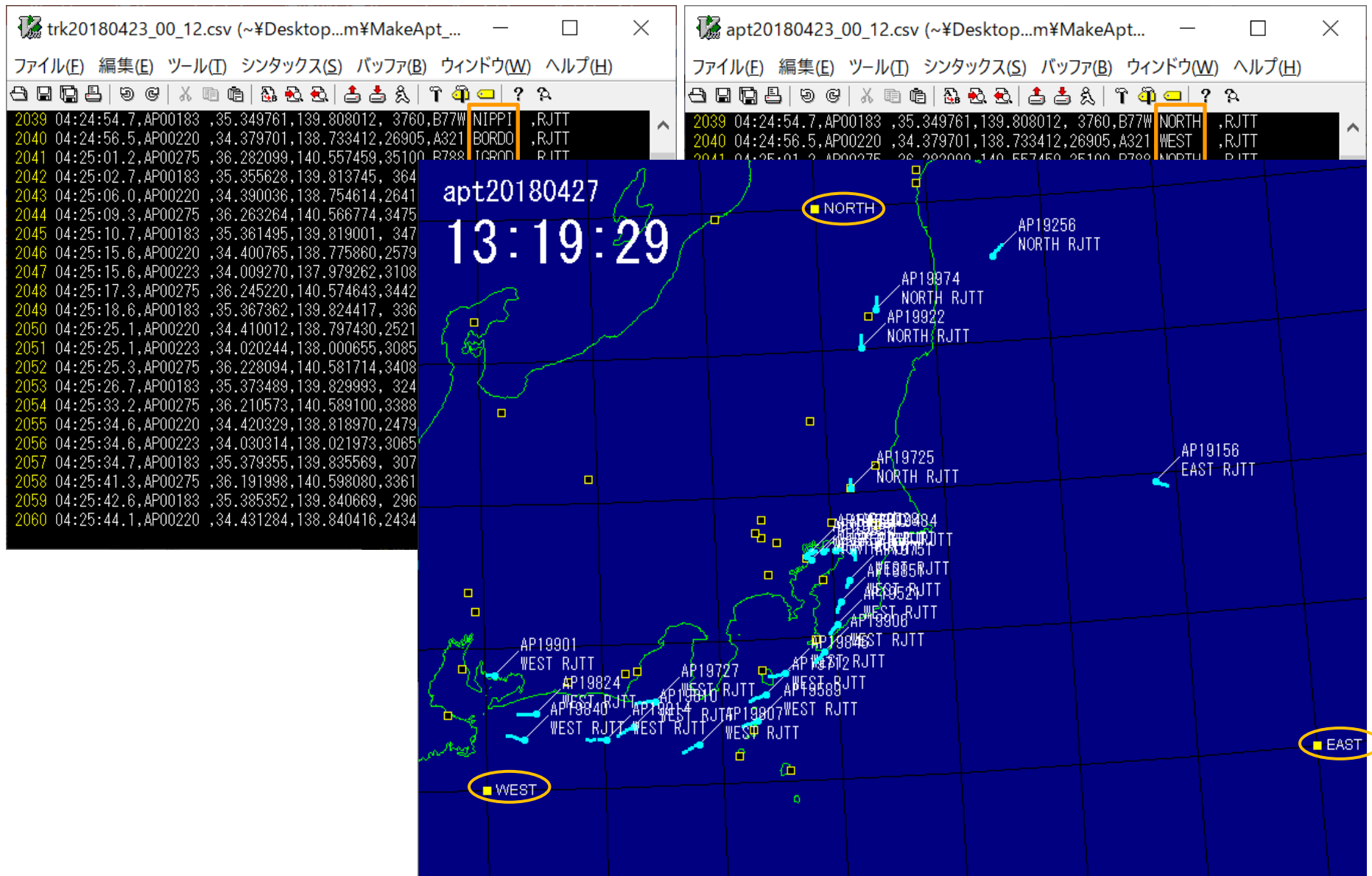
(例)羽田空港到着機を北・東・南方面で分ける場合

判定の手順

1. MakeAptを実行 → 空港・FIXが付加された航跡を作成
2. 航跡ファイルの編集
例) Excelを使用した場合
 - a. テキストファイルのインポートでaptファイルをインポート
(カンマ区切り、緯度・経度は標準、その他は文字列でのインポートがお勧め)
 - b. 羽田空港到着機のみフィルターで抽出
 - c. 緯度34度～38度、経度137度～144度の航跡のみフィルターで抽出
 - d. 残った航跡を値コピーしtrkの名称でファイルに保存
3. 新たなFIR_Boundary.txtを作成(WEST,NORTH,EAST)
(Tabの使用は不可、記号(_や空白)や小文字の使用可)
4. 新たなFIR_Boundary.txtを使用して再度MakeAptを実行
5. PlotTrackのFIR_Boundary.txtも更新
6. PlotTrackで表示

```
A00 WEST 340000.00N 1370000.00E
      NORTH 380000.00N 1400000.00E
      EAST 340000.00N 1440000.00E
```

到着機の方面別表示



CARATS Open Data はレーダーデータ等から作成した
日本の管制空域 全域の航空機の航跡

2012年から2018年度の54週間分、のべ約158万便

大規模なデータでありデータサイエンスの適用が容易

3つのCARATS Open Data用ツールの提供

CARATSの目標を達成するための研究開発を期待



「航空交通データの収集・整備・提供」で
第30回(2020年度)日本航空宇宙学会賞
(技術賞/基礎技術部門)を頂きました



CARATSオープンデータの概要説明 ～気象データ編～

気象庁総務部企画課航空気象管理室

岡本 悟

CARATSオープンデータで提供される気象データ

➤ テキストデータ(電文形式)

- METAR/SPECI/SCAN
- TAF
- SIGMET

➤ バイナリデータ(GRIB2形式)

- 1kmメッシュ全国合成レーダーGPV(エコー強度)
- 2.5kmメッシュ全国合成レーダーGPV(エコー頂高度)

テキストデータ(電文形式)

空港で観測される値は、

- METAR(定時飛行場実況気象通報式)
- SPECI(特別飛行場実況気象通報式)
- SCAN(航空気象観測所実況気象通報式)

と呼ばれる定型の電文形式により、航空局等へ通報。

同様に、空港の予報、空域の予報は以下の電文を通報。

- TAF(運航用飛行場予報)
- SIGMET(シグメット情報)

空港の観測

METAR/SPECI

```
metar
├METAR_CSV.txt
├yyymm          ←年・月 (UTC)
├yyymmdd       ←年・月・日
├METAR_RXXX_yyyymmdd.csv
...
```

- 空港で観測、通報された気象実況のデータ。
 - 風向・風速、視程、RVR、天気、雲、気温・露点温度、QNHなど
 - 通報基準に達しない場合などは、要素を省略することがある
 - 気象庁が観測を行う空港のみ
- 通報形式の詳細は気象庁HP「航空気象通報式」を参照。
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tsuhoshiki/koukuu/koukuu3_16.pdf
- オープンデータでは、風向・風速等の各要素を取得しやすいよう、CSV形式に分割したファイルを提供。
 - 各列の説明は「METAR_CSV.txt」を参照。

```
METAR RJAA 221430Z 04005KT 4000 BR
FEW003 BKN004 16/15 Q1018 TEMPO 3000 BR
RMK 1ST003 6ST004 A3007=
```

電文(テキスト)



name	cccc	obstime	auto	wind_dir	wind_spd	gust_spd	wind_dir	wind_dir_vis	rwr_rwa
METAR	RJAA	2018/4/22 14:30		40	5				4000
SPECI	RJAA	2018/4/22 14:42		40	6		10	80	4500
METAR	RJAA	2018/4/22 15:00		70	6		40	120	5000
METAR	RJAA	2018/4/22 15:30		70	7				6000

CSVで提供(元の電文も末尾に掲載)

空港の観測

SCAN

```
scan
└─SCAN_CSV.txt
  └─yyyyymm
    └─yyyymmdd
      └─SCAN_RXXX_yyyyymmdd.csv
        ...
```

- 空港で観測、通報された気象実況のデータ。
 - METAR/SPECIとおおむね同じ要素を観測
 - RVRなど、SCANでは観測していない要素がある
 - 航空機の運航に合わせて通報するため、観測のない時刻もある
- 通報形式の詳細は気象庁HP「航空気象通報式」を参照。
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tsuhoshiki/koukuu/koukuu3_16.pdf
- オープンデータでは、風向・風速等の各要素を取得しやすいよう、CSV形式に分割したファイルを提供。
 - 各列の説明は「SCAN_CSV.txt」を参照。

空港の予報

TAF

```
taf
Lyyyyymm
Lyyyyymmdd           ↓日・時・分(UTC)
|FTJP31_RXXX_ddnnss_*.txt
|FTJP31_RXXX_ddnnss_AAA_*.txt
...
```

➤ 空港についての風向・風速、視程などの予報。

- 一日4回発表(発信時刻は05、11、17、23UTC台)
- 予報の有効時間は30時間以内
- 予報の修正(AMD)は随時発表
 - 1度修正した場合はファイル名に「AAA」が、2度修正した場合は「AAB」が入っている。訂正した場合は「CCA」が入っている。

➤ 通報形式の詳細は気象庁HP「航空気象通報式」を参照。

https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tsuhoshiki/koukuu/koukuu3_16.pdf

FTJP31 RJAA 220500

```
TAF RJAA 220508Z 2206/2312 13006KT 9999 FEW030
BECMG 2210/2212 04010KT
BECMG 2214/2216 FEW004 BKN008
TEMPO 2215/2221 3000 BR FEW002 BKN004
BECMG 2221/2300 FEW010 BKN020=
```

FTJP31_RJAA_220500__20180422051100883_01ac1f9a34_org_D.txt

成田国際空港のTAF(22日0508UTC発信)

FTJP31 RJAA 220500 AAA

```
TAF AMD RJAA 220633Z 2206/2312 36005KT 9999 FEW030
BECMG 2214/2216 FEW004 BKN008
TEMPO 2215/2221 3000 BR FEW002 BKN004
BECMG 2221/2300 FEW010 BKN020=
```

FTJP31_RJAA_220500_AAA_20180422063503496_01ac1f9a34_org_D.txt

←の修正(22日0633UTC発信)

空域の予報 SIGMET

- 空域における雷電・乱気流(WS)、台風(WC)、火山灰(WV)等の悪天現象についての予報。
 - 悪天現象の領域を、緯度経度の多角形又は円形で表現
 - 同時刻に複数の現象が予想される場合は、それぞれの現象毎に予想
 - 悪天現象が予想された場合に随時発表されるため、発表のない日もある

- 詳細は気象庁HP「配信資料に関する仕様 No.12105」を参照。

<https://www.data.jma.go.jp/suishin/shiyou/pdf/no12105.pdf>

WSJP31 RJTD 220255

RJJ SIGMET K01 VALID 220255/220555 RJTD-
RJJ FUKUOKA FIR FRQ TS FCST WI N2430 E12900 - N2600 E12650 - N2730
E13110 - N2540 E13200 - N2430 E12900 TOP FL460 STNR WKN=

WSJP31_RJTD_220255__20180422025022248_01ac1f5106_org_D.txt

雷電(FRQ TS)のSIGMET(22日0255UTC発信)

sigmet

└yyyyymm

└yyyyymmdd

└WSJP31_RJTD_ddnnss__*.txt

└WCJP31_RJTD_ddnnss__*.txt

└WVJP31_RJTD_ddnnss__*.txt

...

WVJP31 RJTD 220400

RJJ SIGMET L02 VALID 220400/221000 RJTD-
RJJ FUKUOKA FIR VA ERUPTION MT SAKURAJIMA (AIRA CALDERA) PSN N3136
E13039 VA CLD OBS AT 0320Z WI N3134 E13039 - N3136 E13038 - N3137
E13041 - N3142 E13035 - N3146 E13038 - N3138 E13047 - N3134 E13039
SFC/FL090 FCST AT 0920Z WI N3227 E13012 - N3229 E13040 - N3312
E13108 - N3207 E13100 - N3227 E13012=

WVJP31_RJTD_220400__20180422035641572_01ac1f5106_org_D.txt

火山灰(VA)のSIGMET(22日0400UTC発信) 7

バイナリデータ (GRIB2形式)

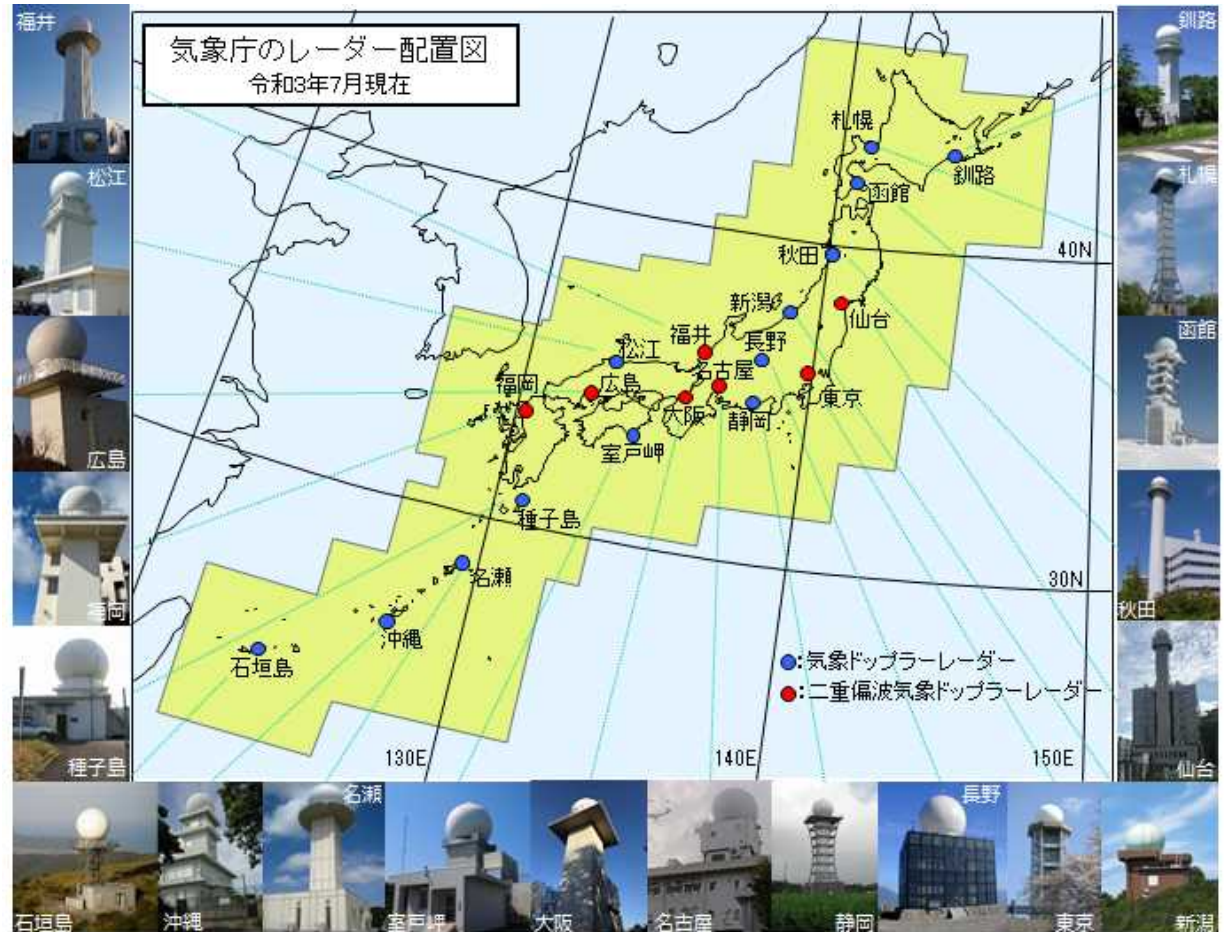
- 気象庁の気象レーダー観測のデータは、GRIB2 (国際気象通報式FM92 GRIB 二進形式格子点資料気象通報式 (第2版)) と呼ばれる形式に従っている。
- GRIB2の詳細については気象庁HP「国際気象通報式・別冊」を参照。

https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tsuhoshiki/kokusaibet/kokusaibet_35.pdf

気象庁レーダー配置図

- 全国20か所に設置
- 空港気象ドップラーレーダーのデータは含まれていない
- その他概要については気象庁HPの説明を参照

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/radar/kaisetsu.html>



レーダーデータ エコー強度

- 1kmメッシュ(格子間隔)のエコー強度のデータ。
 - 5分毎に観測

```
composition_5min
└Reflection_Intensity
  └Japan
    └yyyy ←年(UTC)
      └mm ←月
        └dd ←日
          └hh ←時
            └Z__C_RJTD_yyyymmddhh
              nss_RDR_JMAGPV_Ggis1km_Pr
                r05lv_ANAL_grib2.bin
                ...
```

- データ形式の詳細は以下を参照。

- 「配信資料に関する仕様 No.13701」

P7~「5分毎1kmメッシュ全国合成レーダーエコー強度GPVフォーマット(GRIB2形式 Ver.1.00)」

<https://www.data.jma.go.jp/suishin/shiyou/pdf/no13701.pdf>

- 各レーダーの運用情報(メンテナンス等による休止情報)も参照可能。

レーダーデータ エコー頂高度

- 2.5kmメッシュ(格子間隔)のエコー強度のデータ。
 - 10分毎に観測

- データ形式の詳細は以下を参照。

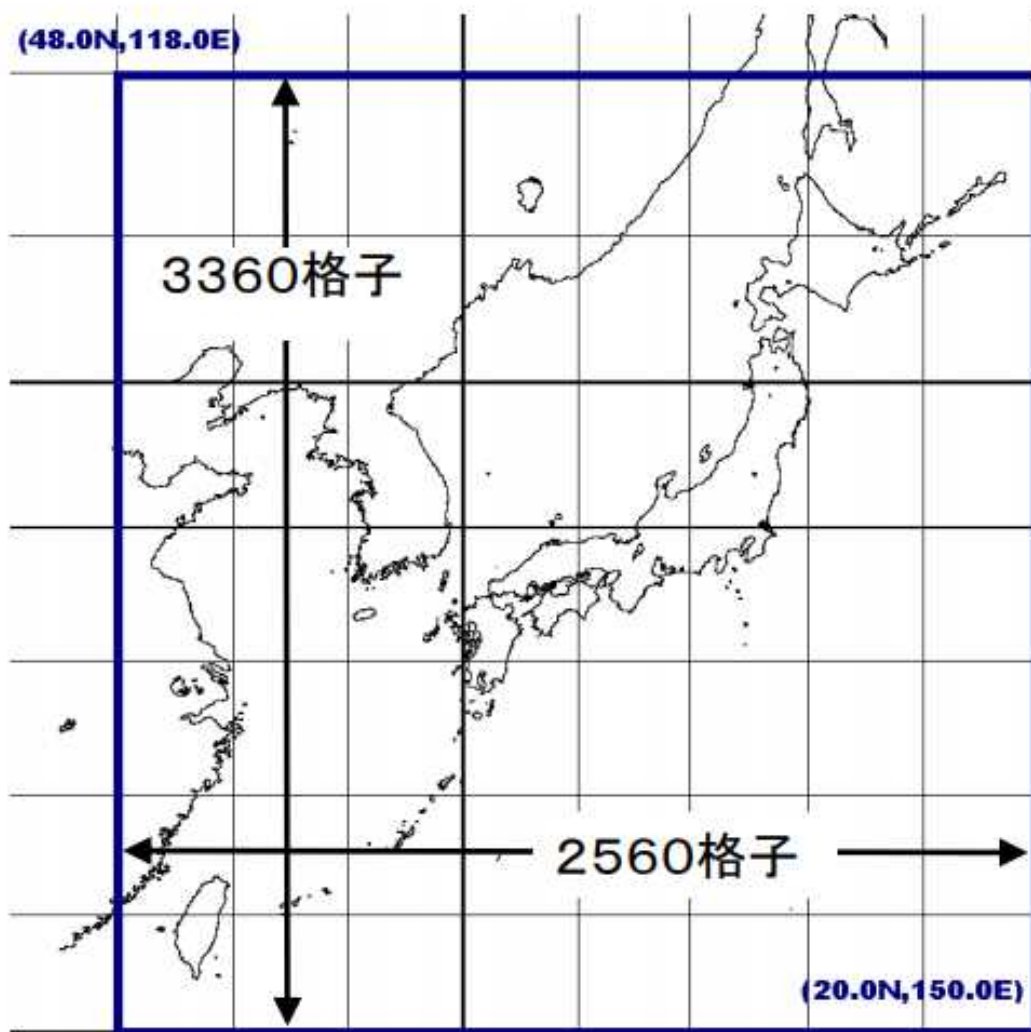
- 「配信資料に関する技術情報(気象編)第162号」

P11～「2.5kmメッシュ全国合成レーダーエコー頂高度GPVフォーマット(GRIB2形式 Ver.1.04)」

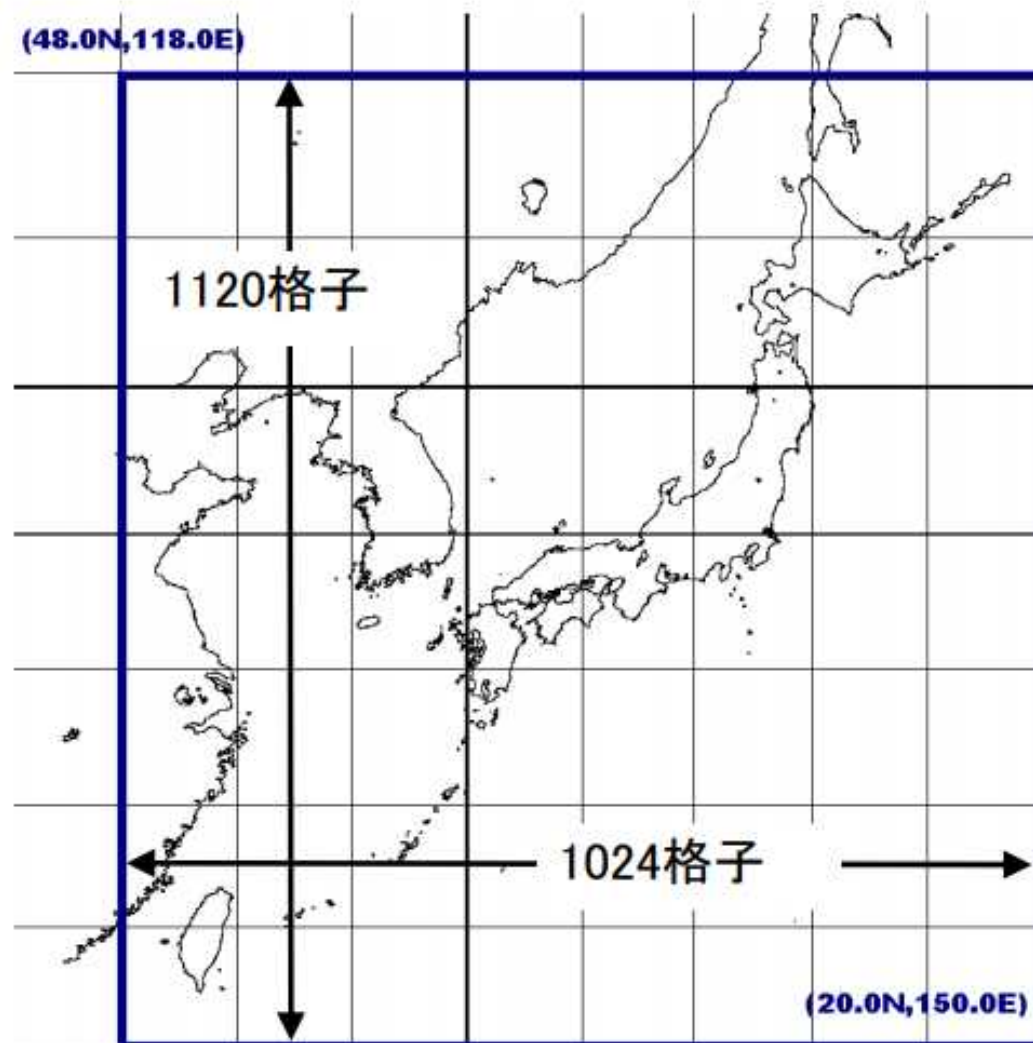
<https://www.data.jma.go.jp/suishin/jyouhou/pdf/162.pdf>

```
composition
└Echo_Top
  └Japan
    └yyyy ←年(UTC)
      └mm ←月
        └dd ←日
          └hh ←時
            └Z__C_RJTD_yyyymmddhh
              nss_RDR_JMAGPV_Gll2p5km_P
                hhlv_ANAL_grib2.bin
                  ...
```

各レーダーデータエリア



エコー強度



エコー頂高度

GRIB2の解読処理

- レーダーデータを解読処理するプログラムを「配信資料に関する仕様 No.13701」の末尾に掲載しています。

<https://www.data.jma.go.jp/suishin/shiyou/pdf/no13701.pdf>

- サンプルプログラムの全部又は一部を利用することに問題はありませんが、利用したことによって利用者が被った直接的または間接的ないかなる損害についても、気象庁は一切責任を負いません。また、サンプルプログラムに関する個別の対応は行いかねますので、ご容赦願います。

```
Makefile
1  CC      = cc
2  CFLAGS = -O -Wall
3  MODULE      = grib2_dec
4  OBJS       = sample_grib2_dec.o rlencmp.o i2pix.o
5  HEADER     = sample_decode.h prr_template.h pmf_template.h
6
7  .c.o : $(HEADER)
8          $(CC) $(CFLAGS) -c $< -o $@
9
10 $(MODULE) : $(OBJS)
```