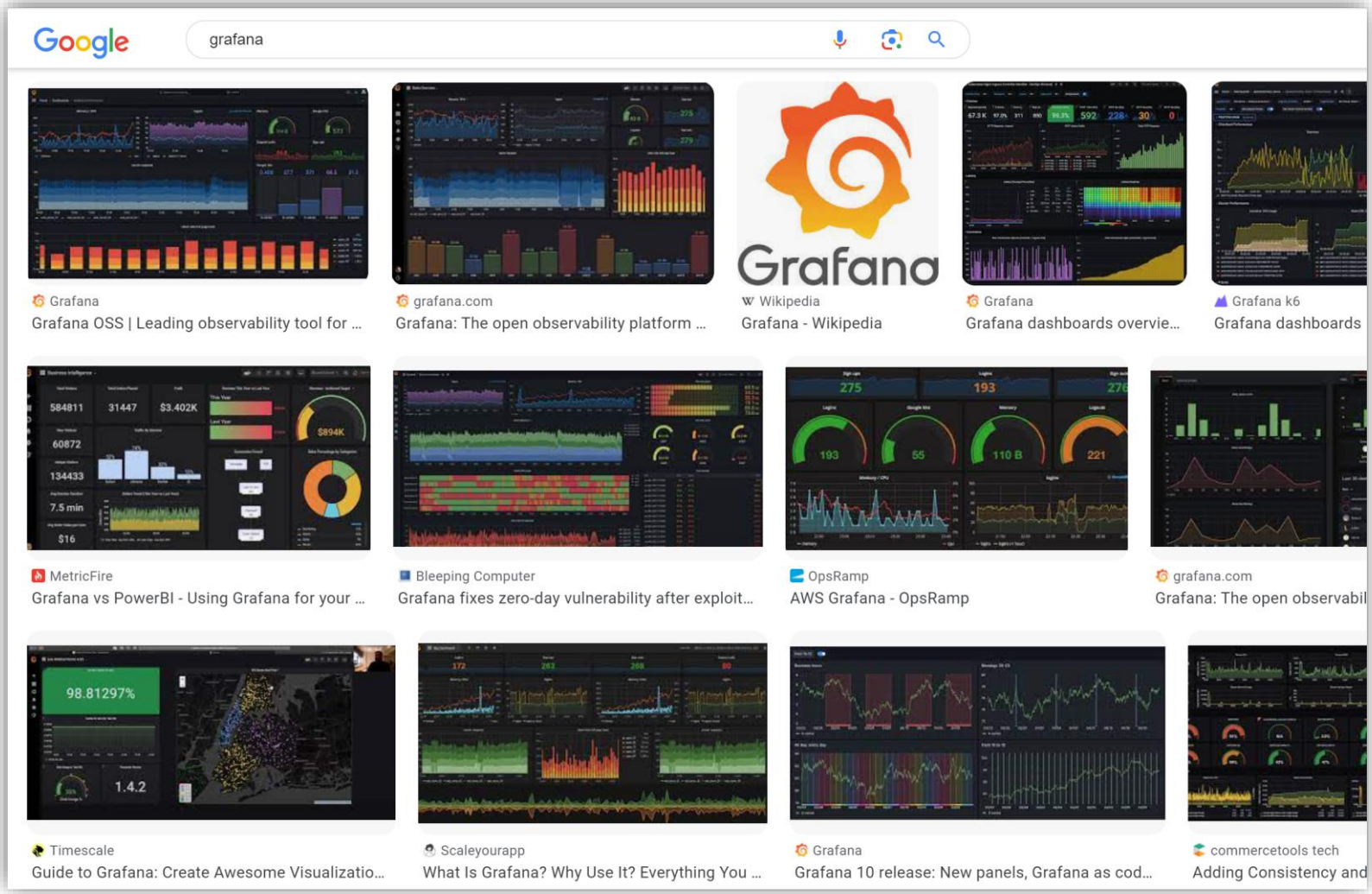
コントロールとモニタのウェブツール

榎本　三四郎
ワシントン大学

計測システム研究会, 大阪大学, 2023年11月20日

Grafana でかっこいいダッシュボードを作れ と言われた

Slow-Controls 用ダッシュボードを作る.
データを取る部分はすでに稼働していたので, UI だけあれば良かった



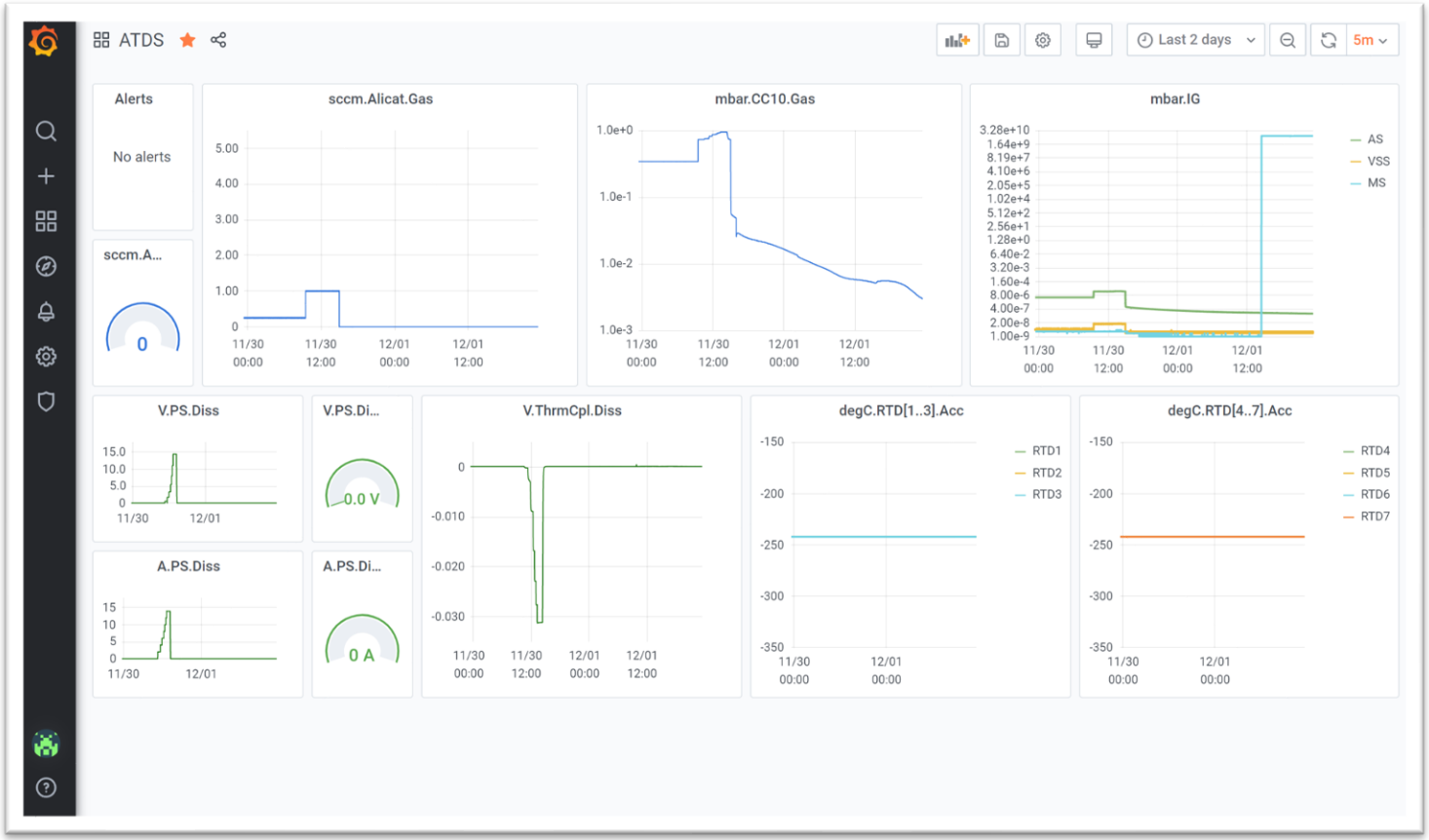
(ダークモードはかっこいいけど絵をスライドに貼れない...)

Grafana とは

- データーベース上にあるデータ(主に時系列)を見える化する Web ベースのソフトウェア
- マウスクリックでダッシュボードを作成して共有できる

3週間がんばってみた

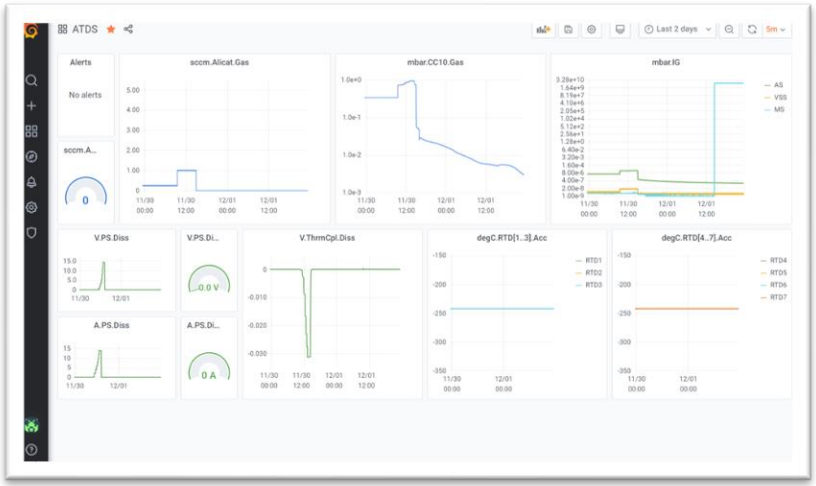
- 構成の決まった表示には良い. 対話的なデータブラウジングはほぼ無理
- 科学データ解析用途には作られていないと思う (データサイエンス用途 ☺)



- 表示範囲を簡単に変えられない. 対数軸に簡単に切り替えられない
- 一時的なプロットを作るのが大変
- データのダウンロードができない (深いところにある「開発モード」にいけばできるけど...)
- ヒストグラム, 誤差バー付きグラフ, 散布図, etc が素直でない

Grafana にもいいところはある

良いと思ったところ



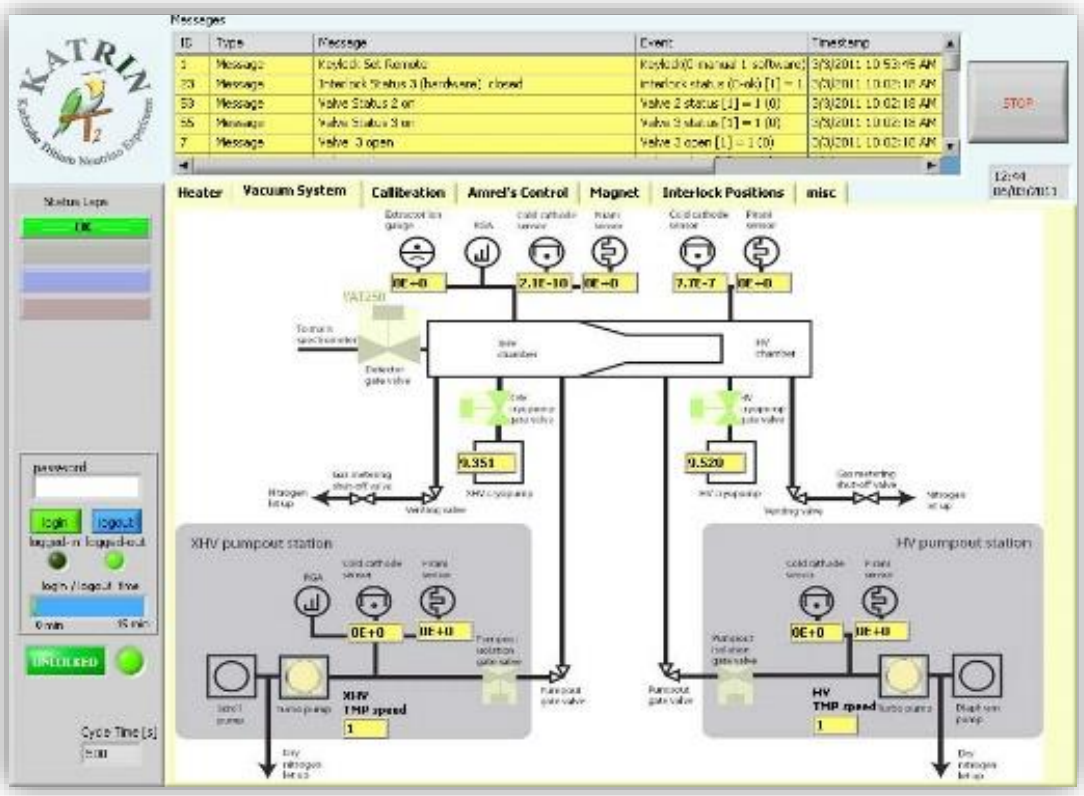
- ダッシュボードをマウス操作だけで作成できる（サーバーにログインしなくて良い）
- 作ったダッシュボードを保存して共有できる
- ダークモードにするとかっこいい

- 基本的に全てプラグインで，それを画面上で組み合わせる感じ
- 表示時間範囲の操作感もいい感じ

足りないと思ったところ

- ダッシュボードなら装置全体の状態を視覚化したい
- 表示した装置は操作したい
- 表示したデータは解析したい

LabVIEW: 伝統的な装置状態の見える化と制御



良いかもしれないところ

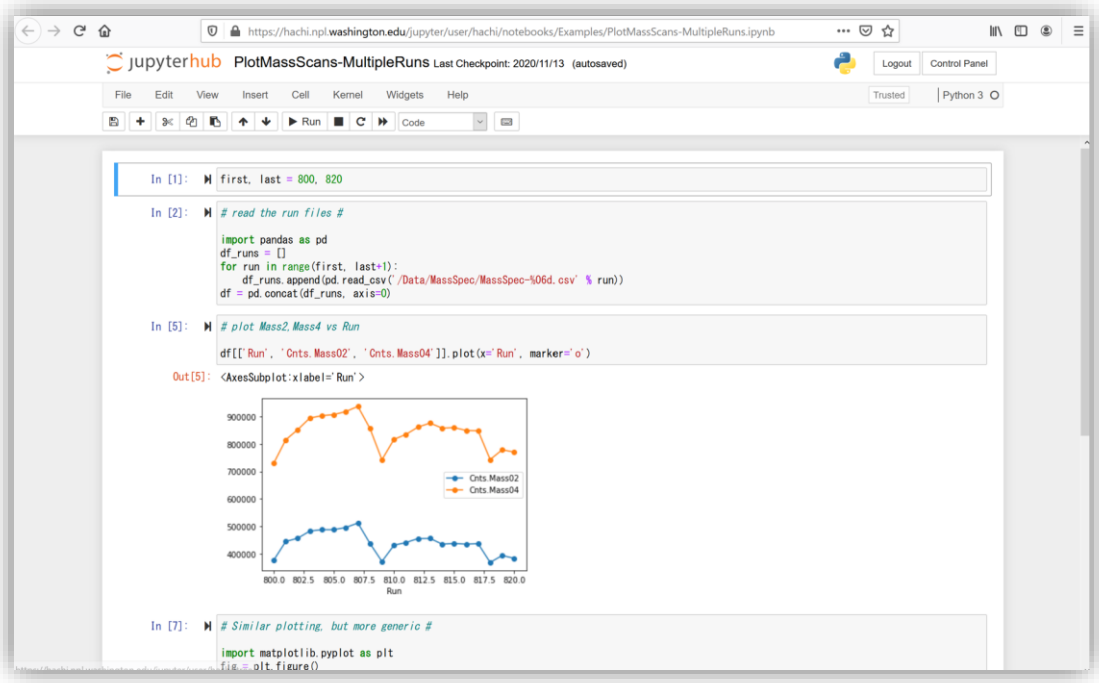
- 好きな人も多い操作パネル
- 全体の状態を俯瞰できる表示

EPICS は使用機会がなかったので
分かりません. すいません.

好きでなかったところ

- いろいろ
- データのビジュアライズは基本的にない（プロットを配置できることは知っています）
- 対話的なデータ解析もたぶん想定されていない

対話的なデータ解析と言えば Jupyter-Notebook



文句なく良いところ

- プログラミングを知らなくても~~思いつきで~~発見的にコードを書ける
- ウェブ上で使える（サーバーにログインしなくて良い）
- みんな大好きなパイソン

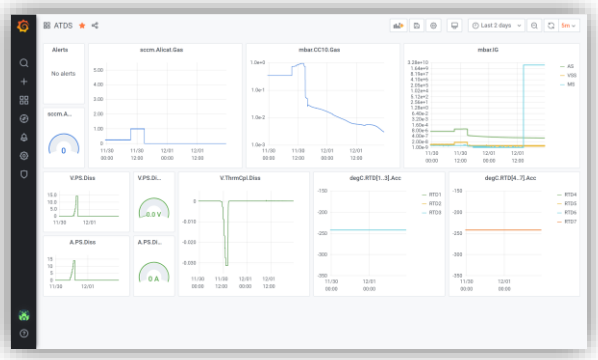
向いてないこと

- 実時間処理はほぼ不可能（定期的にセルを連打するロボットを作れば可）
- ユーザ操作の GUI を作るのにも向いていない（シーケンスを記述するのにはむしろ向いているかも）

欲しいものリスト

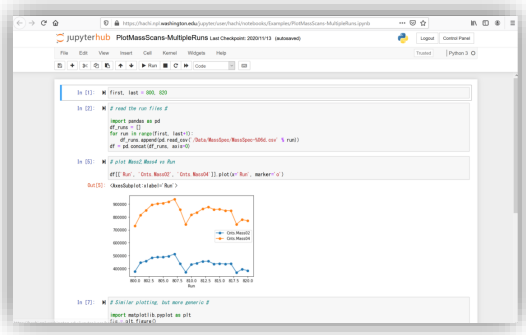
- 基本: 実時間で蓄積するデータを簡単にビジュアライズしたい（Grafana 風）
  - 全体を俯瞰する表示と，装置のコントロールも欲しい（LabVIEW 風）
  - データは解析をしたい．マウスでもやりたいし，パイソンも使いたい（Jupyter 風）
  - 実時間データ解析からアラーム発行や自動的な装置制御もしたい

Grafana



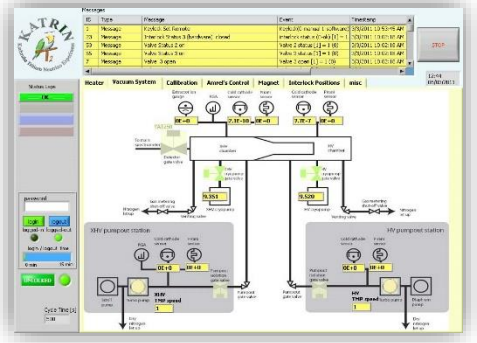
- コンテナに入ってるプロット
- Web ユーザによる作成と共有

Jupyter-Notebook



- 思いつき Python スクリプティング
- 豊富なライブラリ

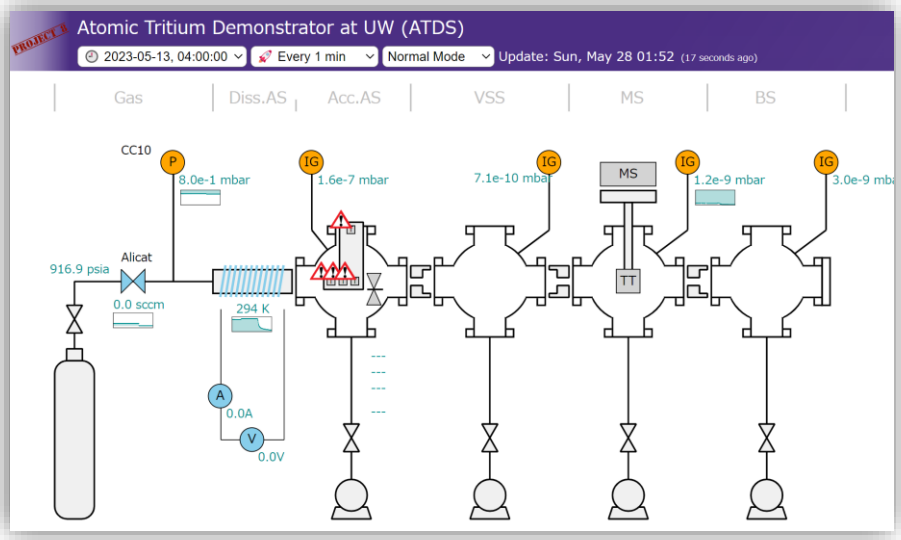
LabVIEW



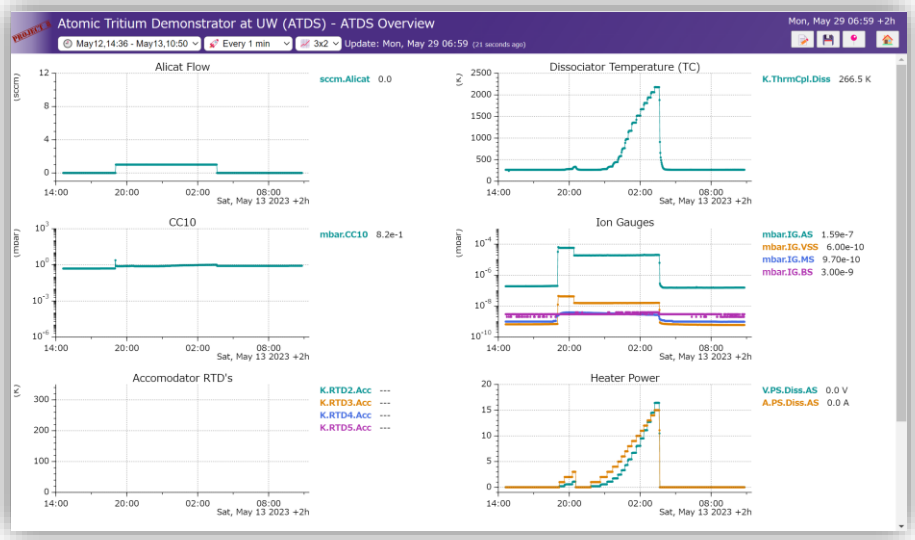
- 図式的状態表示
- コントロール機能

設計：時間断面と空間断面のデュアルビュー

LabVIEW 風のダッシュボード（固定時間）



Grafana 風のプロット（時系列）



- 色で運転状態表示，アイコンで異常状態表示
- クリックすると時系列データを表示（右画面）

- インタラクティブプロット（ズーム，対数軸，…）
- レイアウトをマウスで作成
- 作成したページを保存，共有可
- データダウンロード

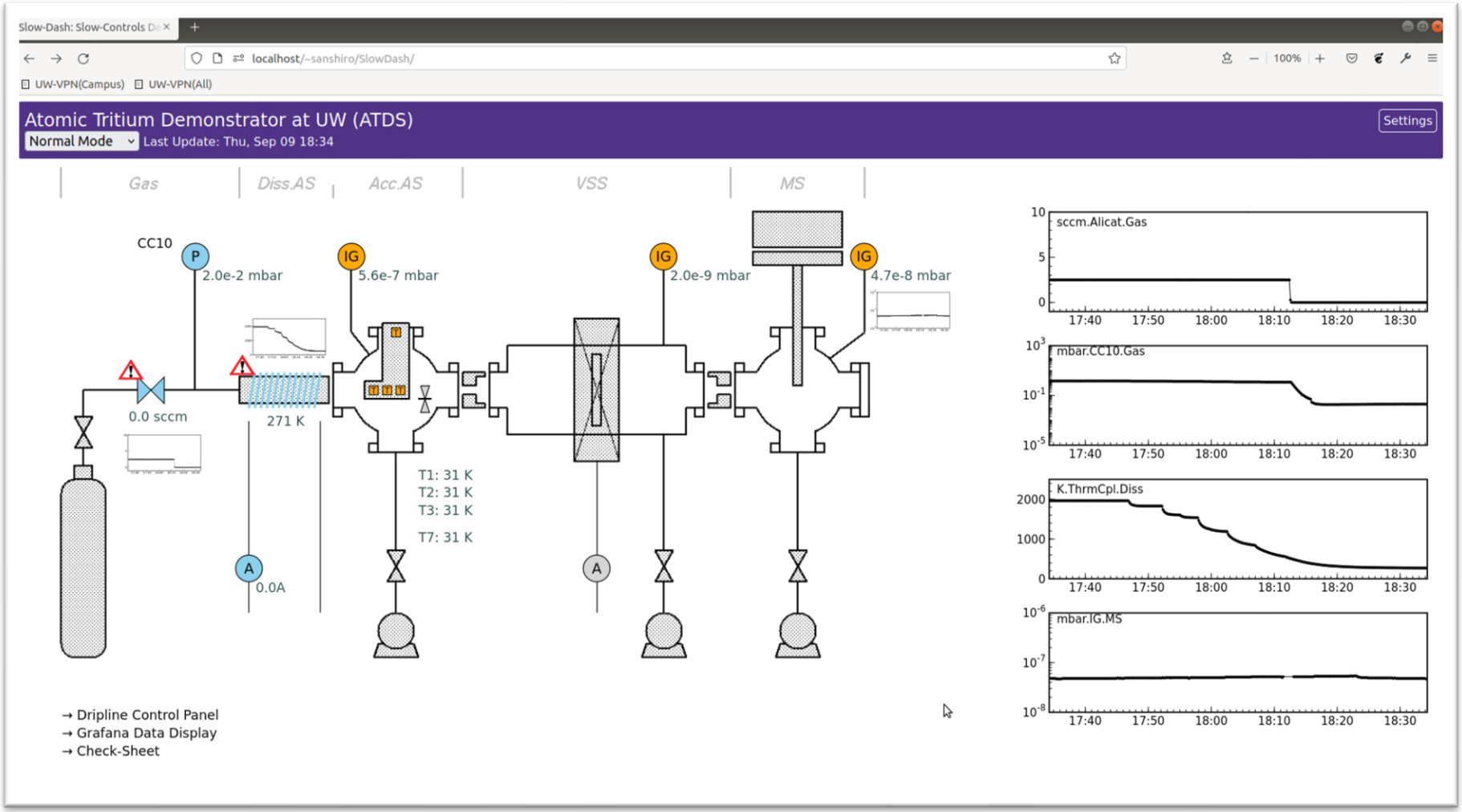
プロットの構成は URL からでもできる．作成した複雑なページを URL にエンコードすることもできる．

hachi.npl.washington.edu/~hachi/SlowDash/ATDS/slowplot.html?channel=V.ThrmCpl&time=2023-05-13,13:00

- いろいろなプロットへのリンクをあちこちに作れる
- Slack や ELOG に投稿できる

ダッシュボード

- 静止画の上にデータ要素を並べる. YAML ファイルで記述.
- 色で On/Off 状態を表示 (正常/異常ではなく)
- 最新値の数値表示と, いくつかのトレンドグラフ(表示範囲は固定)



ダッシュボード: YAML 設定ファイル例

```
viewBox: 0 0 1600 700

widgets:
  - type: image
    attr: { x: 50, y: 49, height: 503, width: 933, href: "ATDS.png" }

  - type: circle
    attr: { x: 180, y: 95, width: 40, height: 40, label: P }
    data: { channel: "mbar.Gas", "active-below": 500, format: "%.1e mbar" }

  - type: valve
    attr: { x: 130, y: 230, width: 40, height: 40, orientation: h, "data-dx": -10, "data-dy": 60 }
    data: { channel: "SCCM.Gas", "active-above": 0.1, format: "%.1f SCCM" }

  - type: circle
    attr: { x: 255, y: 430, width: 40, height: 40, label: A }
    data: { channel: "A.PS.Diss", "active-above": 0.1, format: "%.1fA" }

  - type: solenoid
    attr: { x: 270, y: 210, width: 110,
    data: { channel: "K.ThermCo.Diss", "

  - type: circle
    attr: { x: 530, y: 95, width: 40, he
    data: { channel: "mbar.IG.AS", "acti

  - type: circle
```

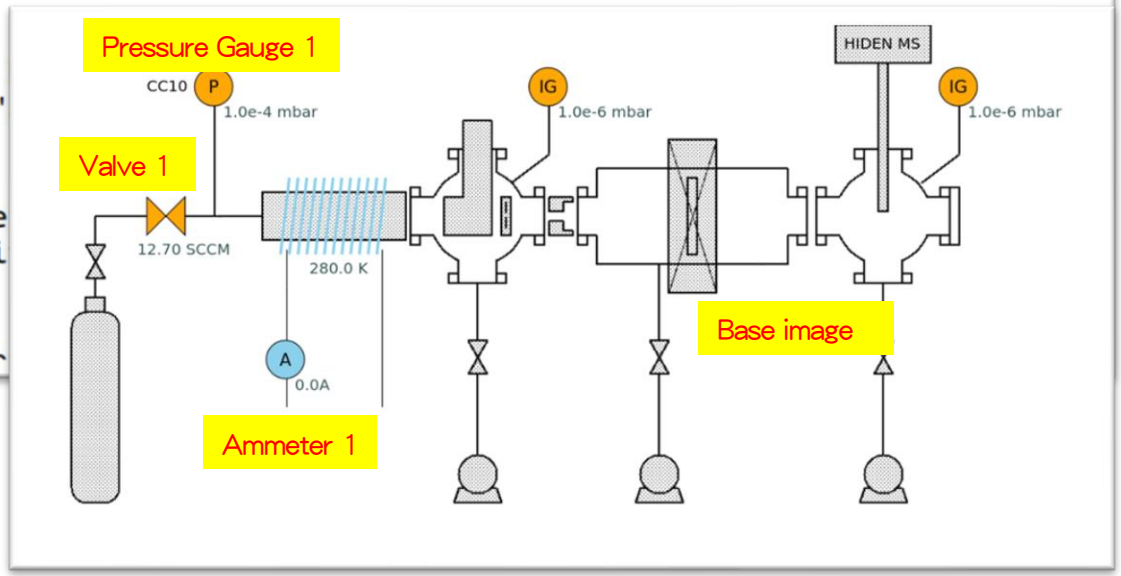
Base image

Pressure Gauge 1

Sensor name

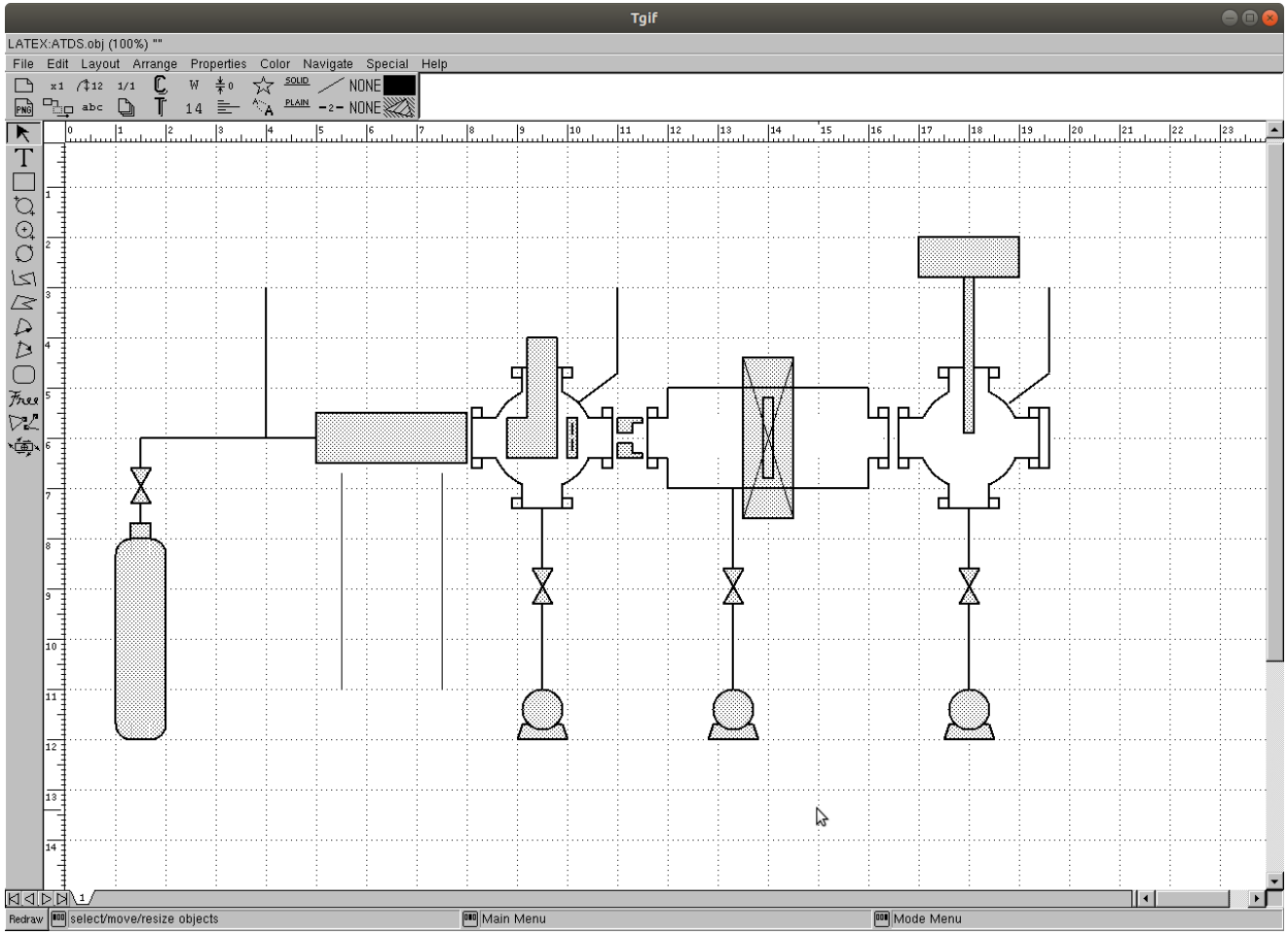
Valve 1

Ammeter 1



ダッシュボード: 静止画のベースイメージ

- フォーマットやサイズは自由 (設定ファイルでスケールできる)
- データ要素を並べるためには, 荒いグリッドを使うのがよい



- ここでは tgif を使った. 編集可能な図がテキストなので Git での管理が簡単

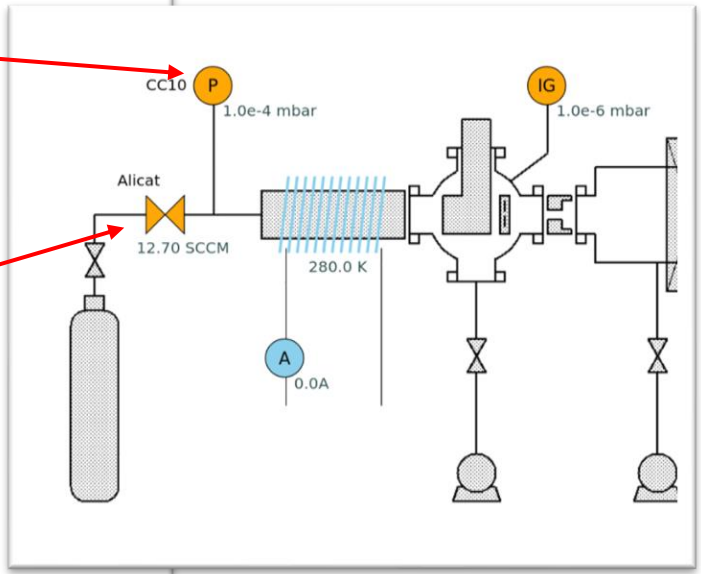
ダッシュボード：データ要素図形

- Javascript 10 行くらいで簡単に図形要素を追加できる

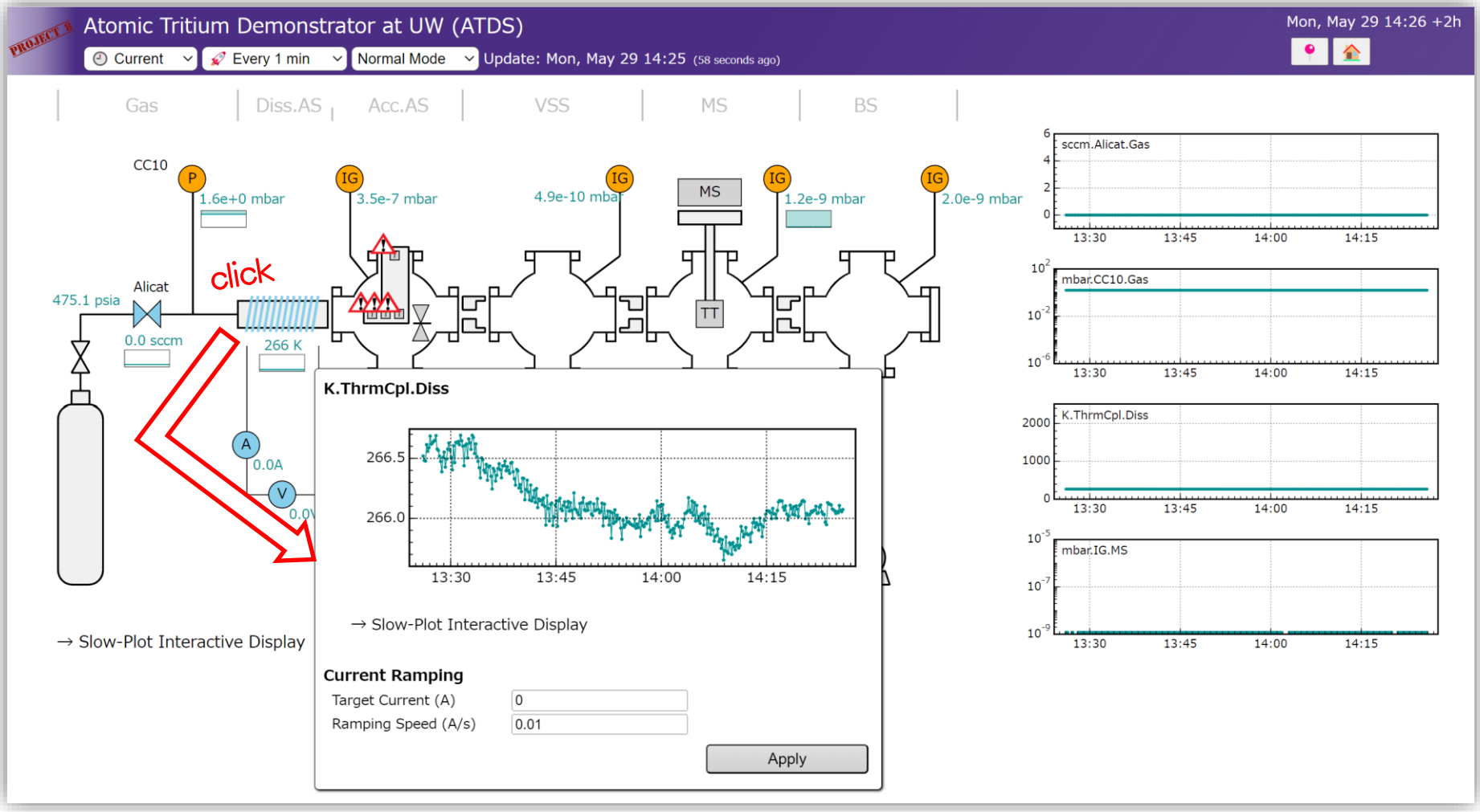
```
class SCCircleWidget extends SCShapeWidget {
    get_defaults() {
        return $.extend({}, super.get_defaults(), {
            width: 20, height: 20
        });
    }
    create_path() {
        let circleAttr = $.extend({}, this.attr, {
            cx: this.attr.x + this.attr.width/2,
            cy: this.attr.y + this.attr.height/2,
            rx: this.attr.width/2,
            ry: this.attr.height/2
        });
        return $('<ellipse>', 'svg').attr(circleAttr);
    }
};


class SCValveWidget extends SCShapeWidget {
    get_defaults() {
        return $.extend({}, super.get_defaults(), {
            width: 20, height: 20, orientation: 'horizontal'
        });
    }
    create_path() {
        let [x0, y0] = [this.attr.x, this.attr.y];
        let [x1, y1] = [x0 + this.attr.width, y0 + this.attr.height];
        let points = (
            (this.attr.orientation[0] == 'v') ?
            `${x0},${y0} ${x1},${y0} ${x0},${y1} ${x1},${y1} ${x0},${y0}` :
            `${x0},${y0} ${x0},${y1} ${x1},${y0} ${x1},${y1} ${x0},${y0}`
        );
        return $('<polyline>', 'svg').attr(this.attr).attr({'points': points});
    }
};


class SCSolenoidWidget extends SCShapeWidget {
    get_defaults() {
```

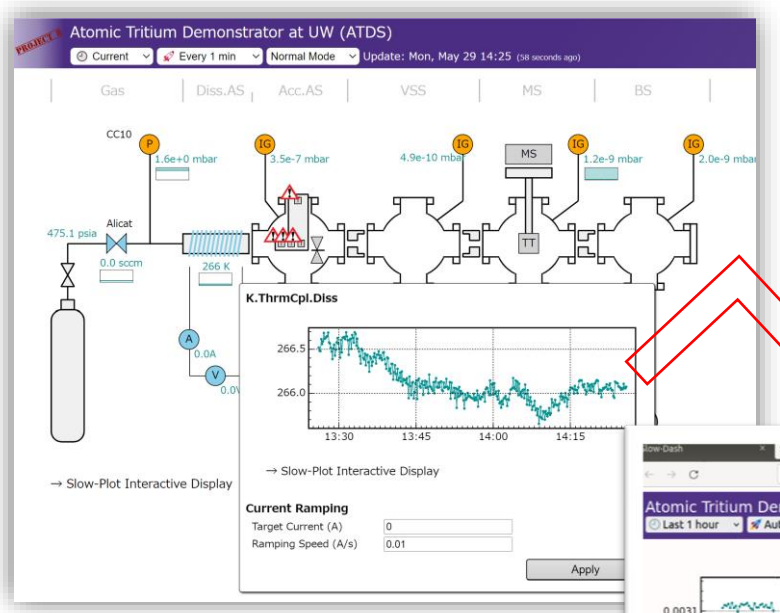


ダッシュボード：チャネル詳細と操作ダイアログ



- 直近データ値推移
- デバイス操作
- プロパティ

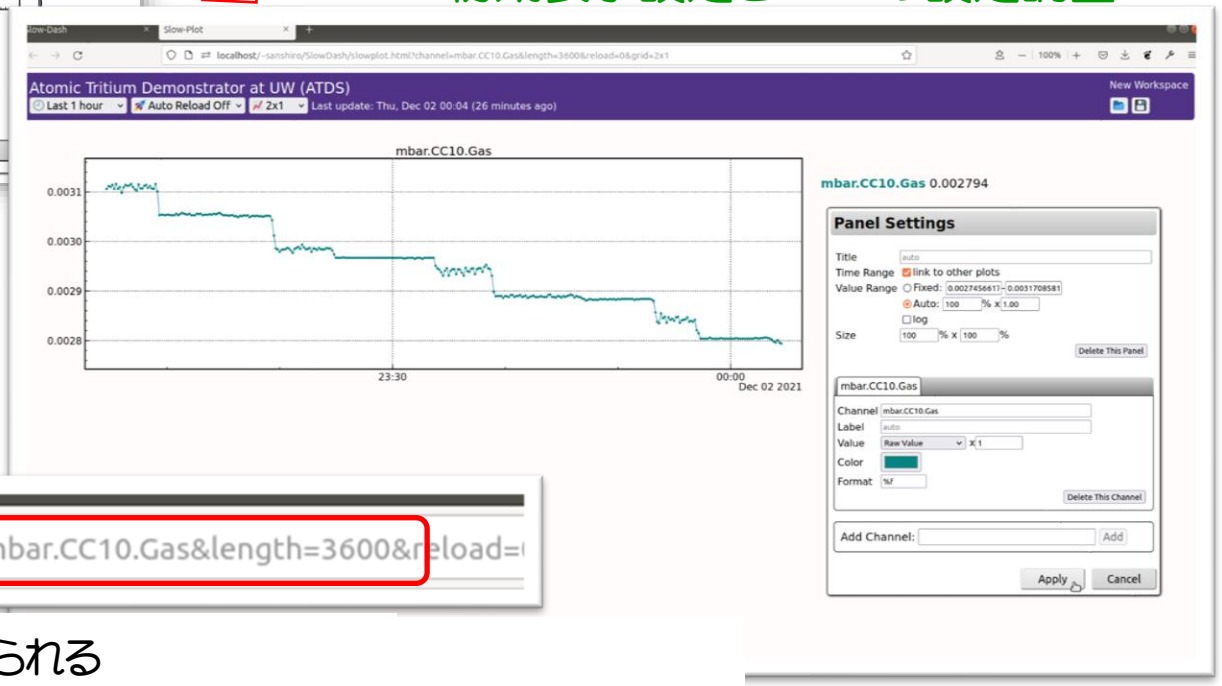
対話的データブラウザ



click

クリックで時系列プロットに飛ぶ

初期表示設定と GUI の設定調整

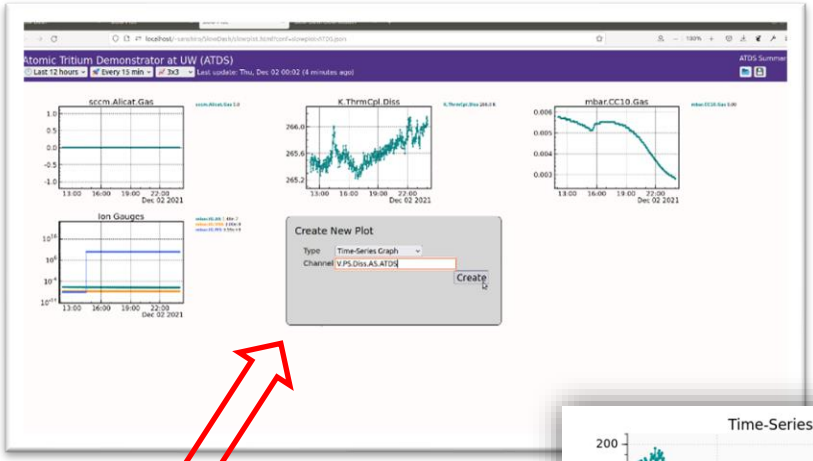


URL によるプロット構成

- 設定ファイルなし. すぐに始められる
- いろいろな場所からリンクを貼って, それぞれ違った構成で開始できる
- 最初のレイアウトを出発点として対話的に構成できる

対話的データブラウザ

新しいプロットの追加も簡単

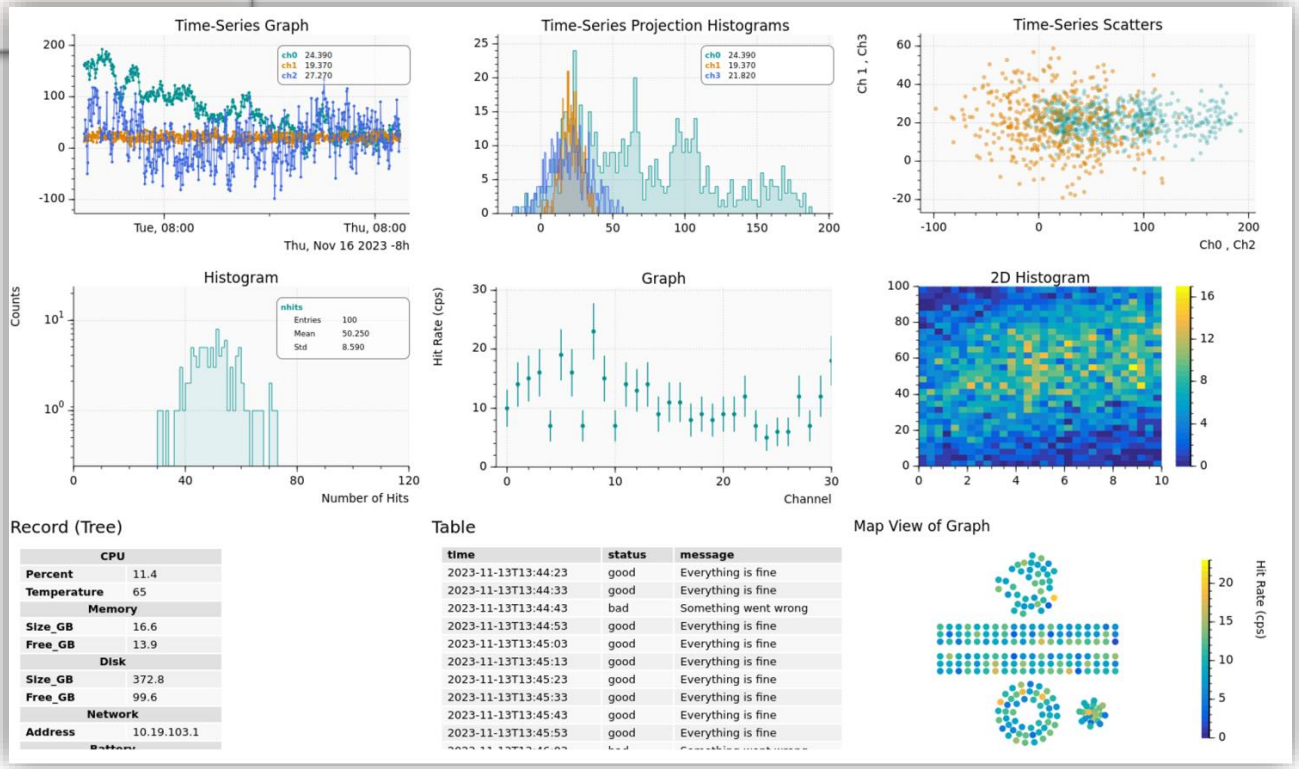


マウスでいろいろ追加していく

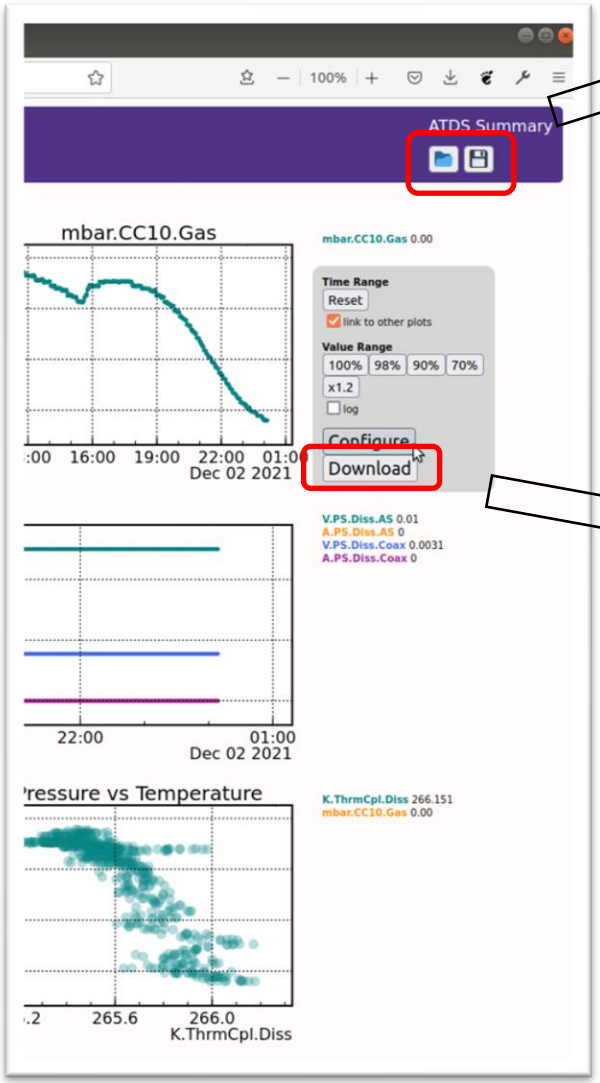
「パネル追加」

いろいろなプロットタイプ

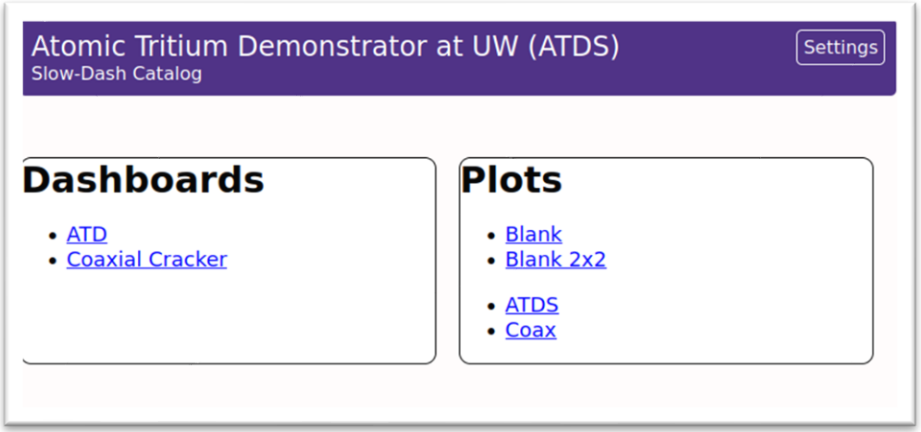
- 時系列グラフ
- 時系列値のヒストグラム
- 複数時系列値の散布図
- ヒストグラム
- エラーバー付きグラフ
- 2次元ヒストグラム
- 表
- ツリー
- マップビュー
- …



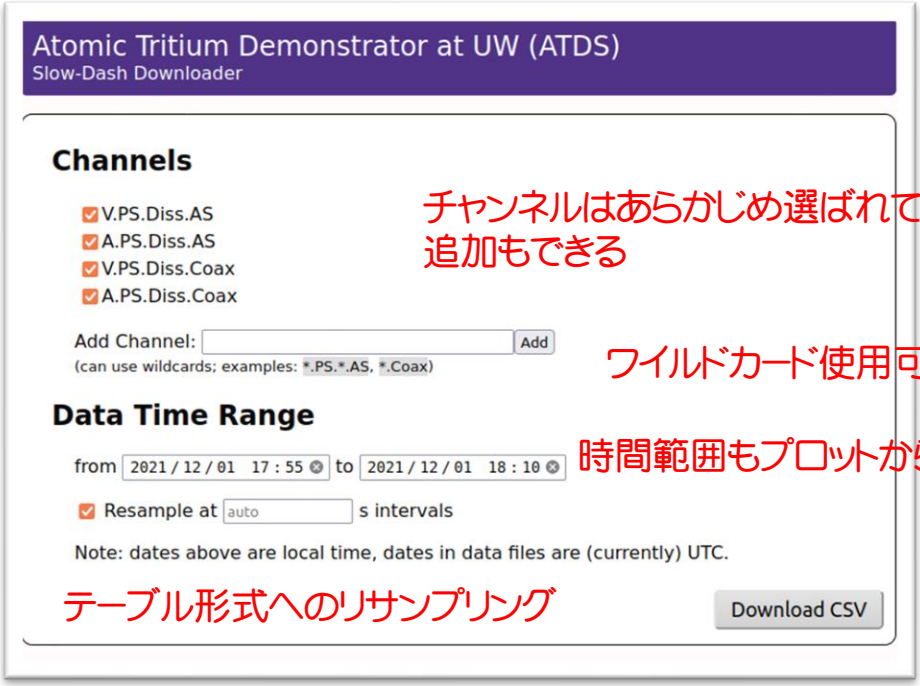
対話的データブラウザ



作ったレイアウトの保存と共有



プロット表示データのダウンロード



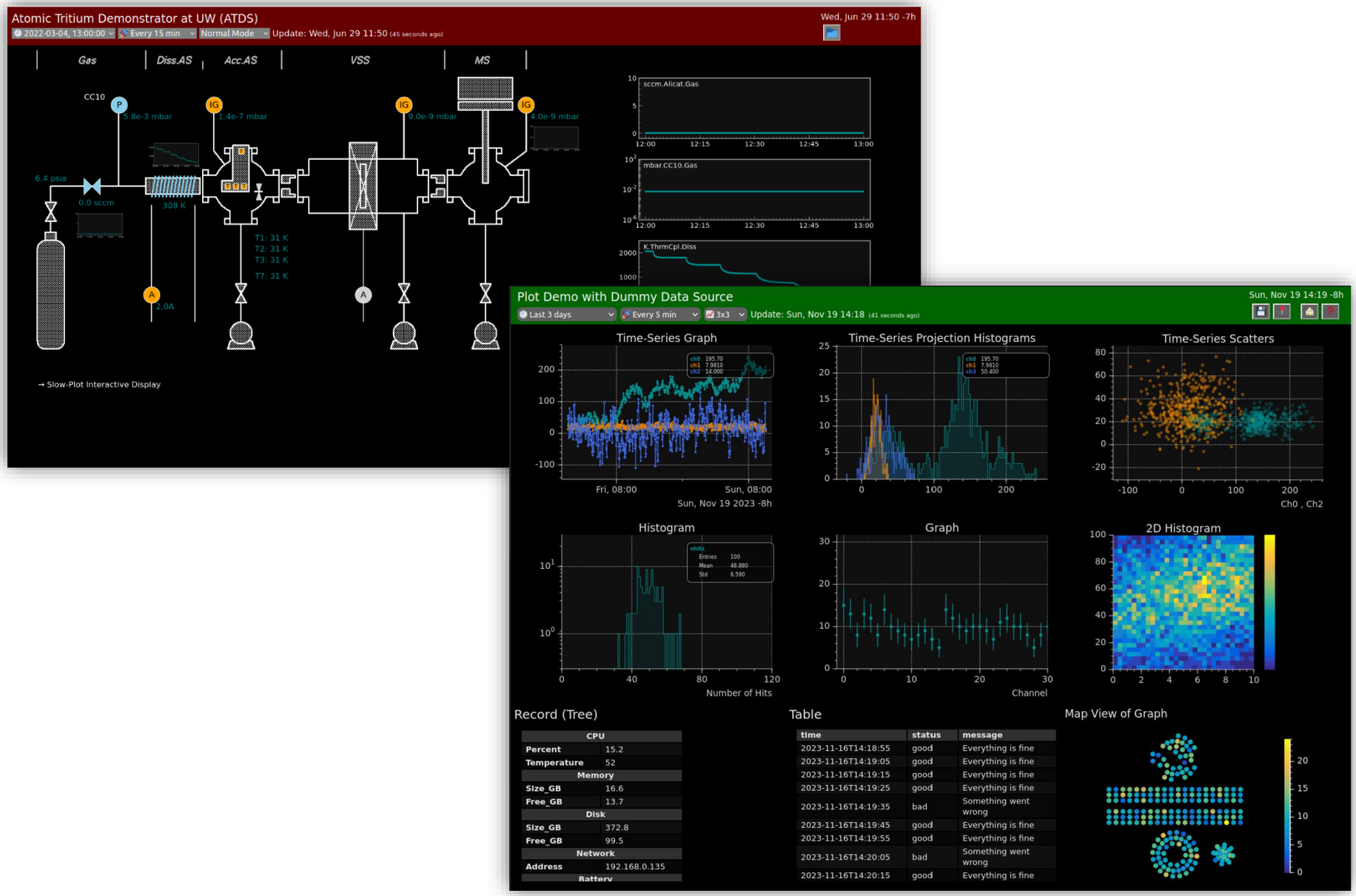
チャンネルはあらかじめ選ばれてる
追加もできる

ワイルドカード使用可

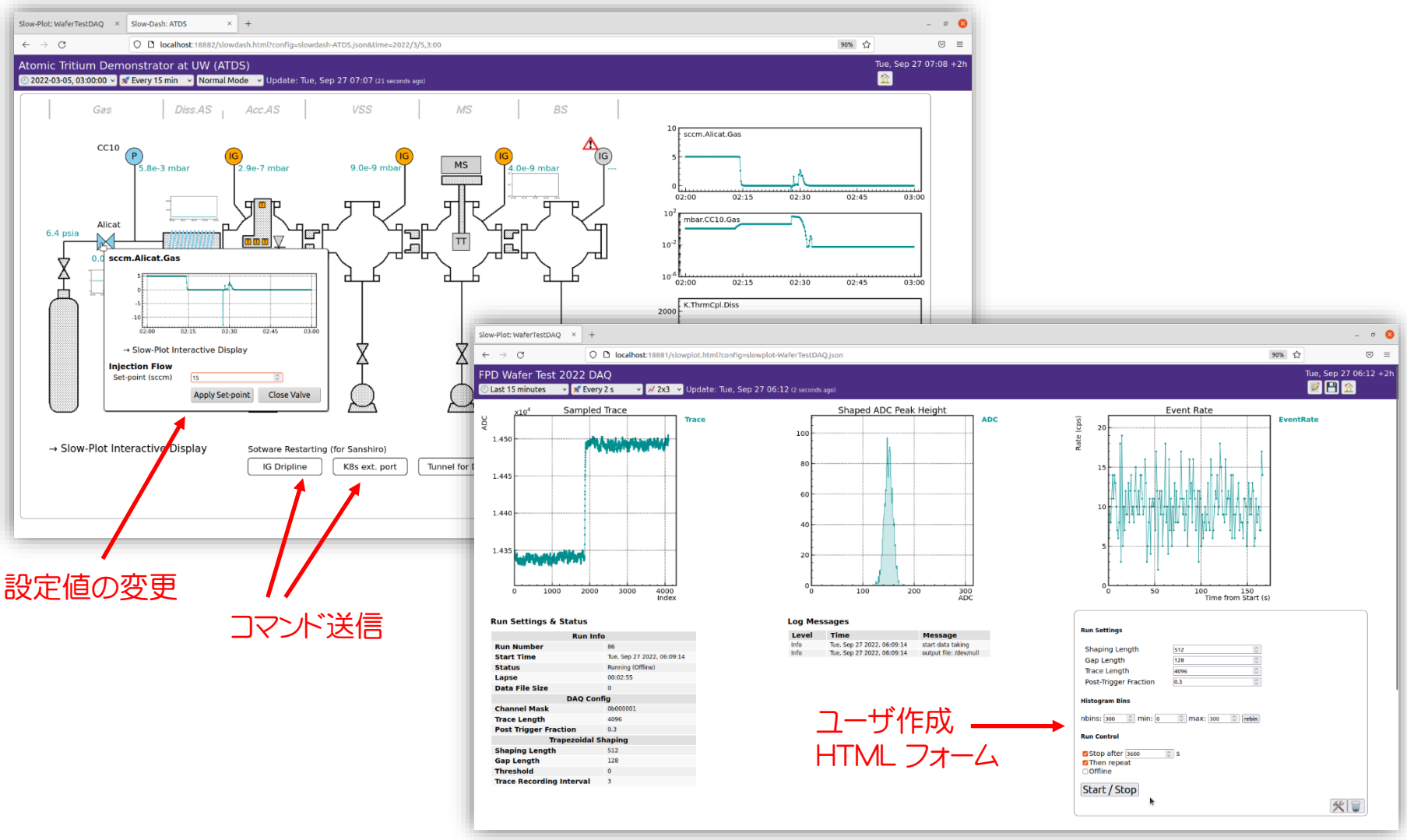
時間範囲もプロットから設定

テーブル形式へのリサンプリング

「Grafana みたいに作れ」と言われたときのための ダークモード

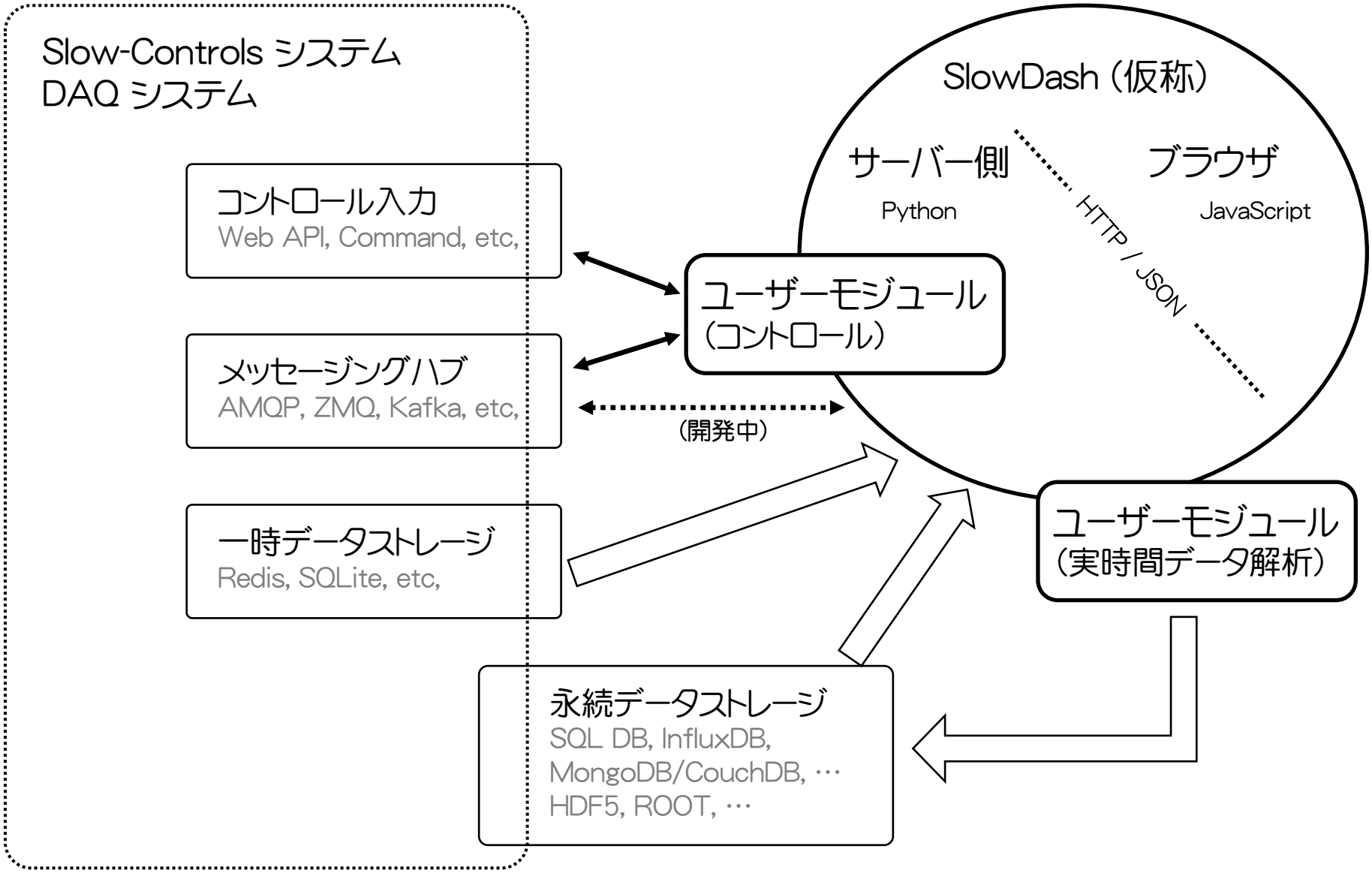


コマンド受け取りインターフェース



- サーバー側のユーザディレクトリにユーザーの Python スクリプトを置いておく
- ボタンをクリックすると入力フィールド値の JSON ドキュメントがユーザコードに渡される

SlowDash: コントロールとモニタの Web ツール



ユーザーモジュール

ごく普通の Python スクリプト

```python
import sys, os, logging
import psycopg2 as db


db_conn = None

def initialize(params):
    global db_conn

    db_url = params.get('db_url', None)
    if db_url is None:
        return
    if db_url[0:13] != 'postgresql://':
        db_url = 'postgresql://' + db_url

    try:
        db_conn = db.connect(db_url)
    except Exception as e:
        logging.error(e)



def finalize():
    if db_conn is not None:
        db_conn.close()



def process_command(doc):
    endpoint_id = doc.get('endpoint_id', '')
    endpoint_name = doc.get('endpoint_name', '')
    value_type = doc.get('type', 'numeric')
    if not (endpoint_id == '' or endpoint_id.isdigit()):
        return { "status": "error", "message": 'bad Endpoint ID' }
    if endpoint_name == '' or not endpoint_name.replace('_', '').isalnum():
        return { "status": "error", "message": 'bad Endpoint Name' }
    if value_type not in ['numeric', 'json']:
        return { "status": "error", "message": 'bad Endpoint type' }

    cursor = db_conn.cursor()
```

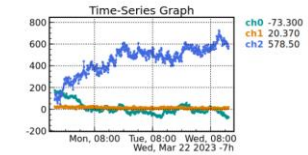
この関数があると最初に呼ばれる

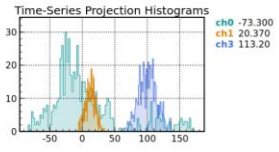
これは最後に呼ばれる

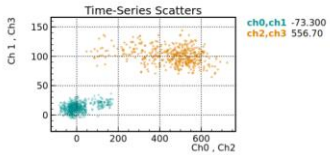
ブラウザでボタンがクリックされたりすると呼ばれる. パラメータが JSON で渡される

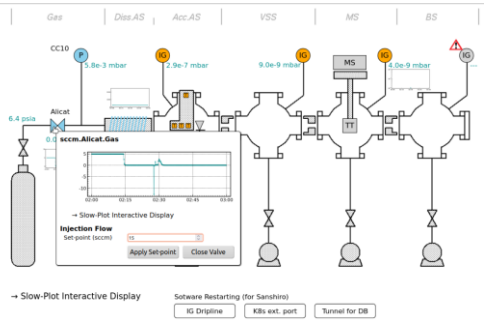
SlowDash: ほぼ全てがプラグイン

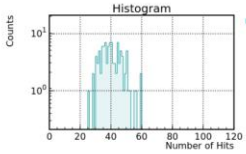
UI 部品 (JavaScript)

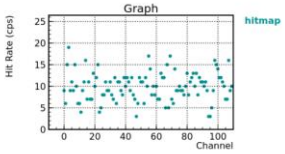


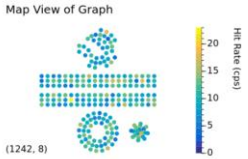


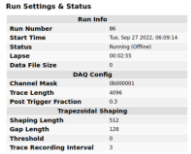












Core Logic

ユーザモジュール (Python)

- デバイスコントロール
- 外部システム連携
- 実時間データ解析
- 異常検知と対処
- Mini-DAQ

データベースインターフェース

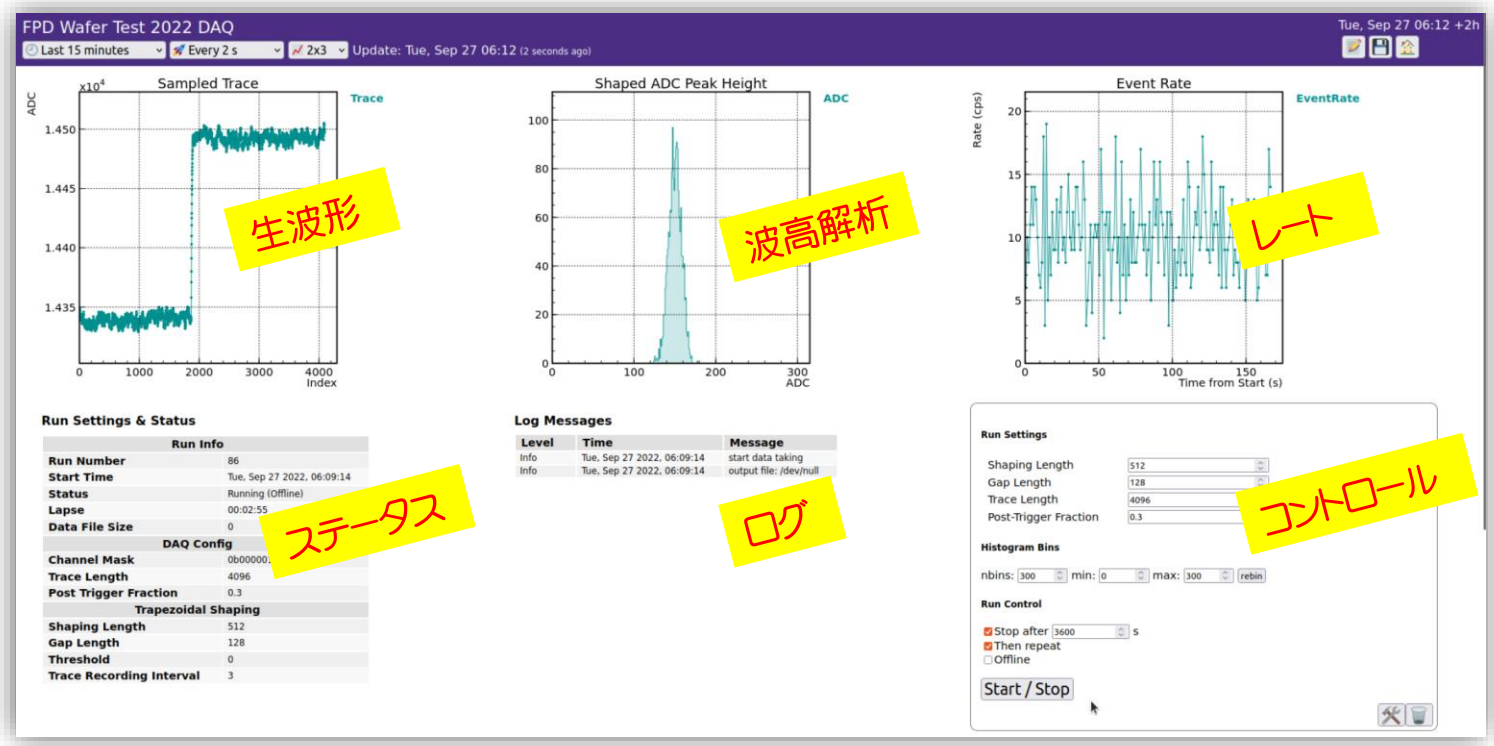
PostgreSQL, MySQL, SQLite, influxdb, redis, mongoDB, CouchDB relax, ROOT Data Analysis Framework, CSV, YAML

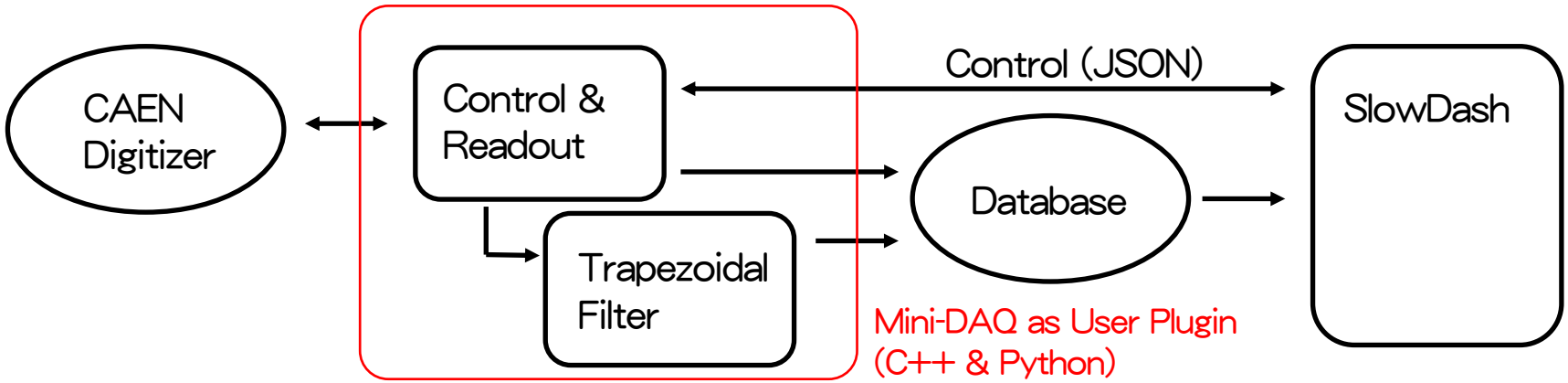
- Honeybee (自家製の動的管理システム)

データベースプラグイン以外では外部ライブラリは使用していない（外部依存なし → 設計寿命25年）

Mini-DAQ 例: CAEN のデジタイザと波形解析

読み出しと波形解析をユーザモジュールとして実装してみた





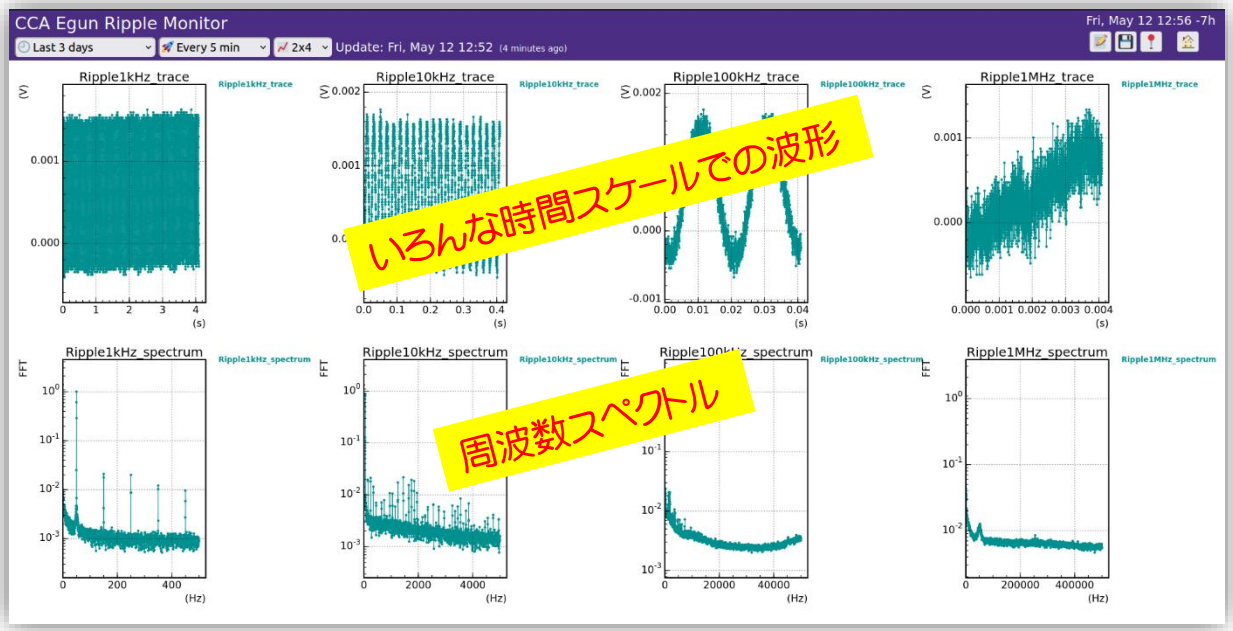
Mini-DAQ 例: オシロによる継続的ノイズモニタ

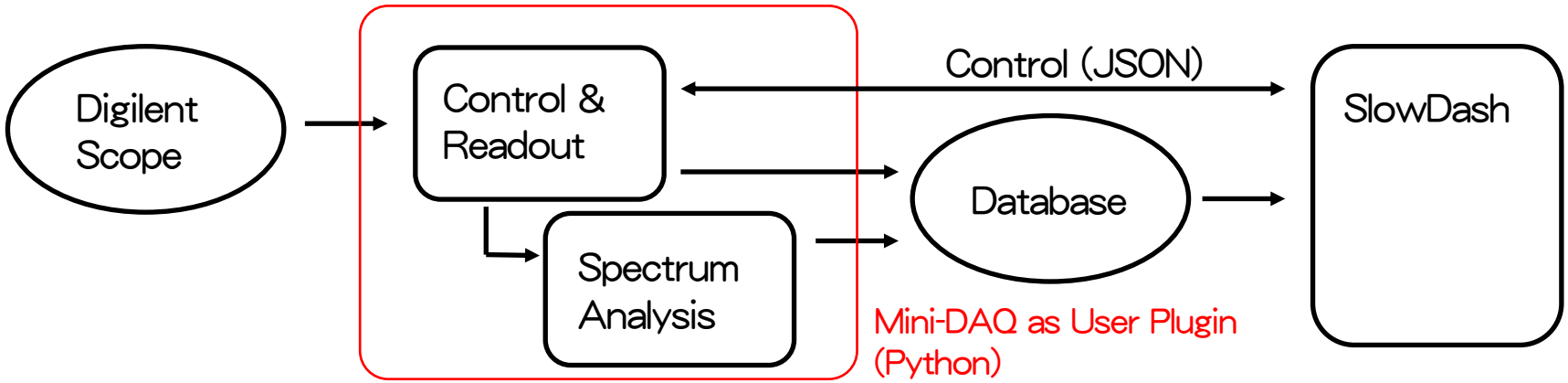
1300ドルの小型オシロスコープが便利に使える

（小型モデルはアカデミックで300ドル）

Analog Discovery Pro 3000 Series: Portable High Resolution Mixed Signal Oscilloscopes

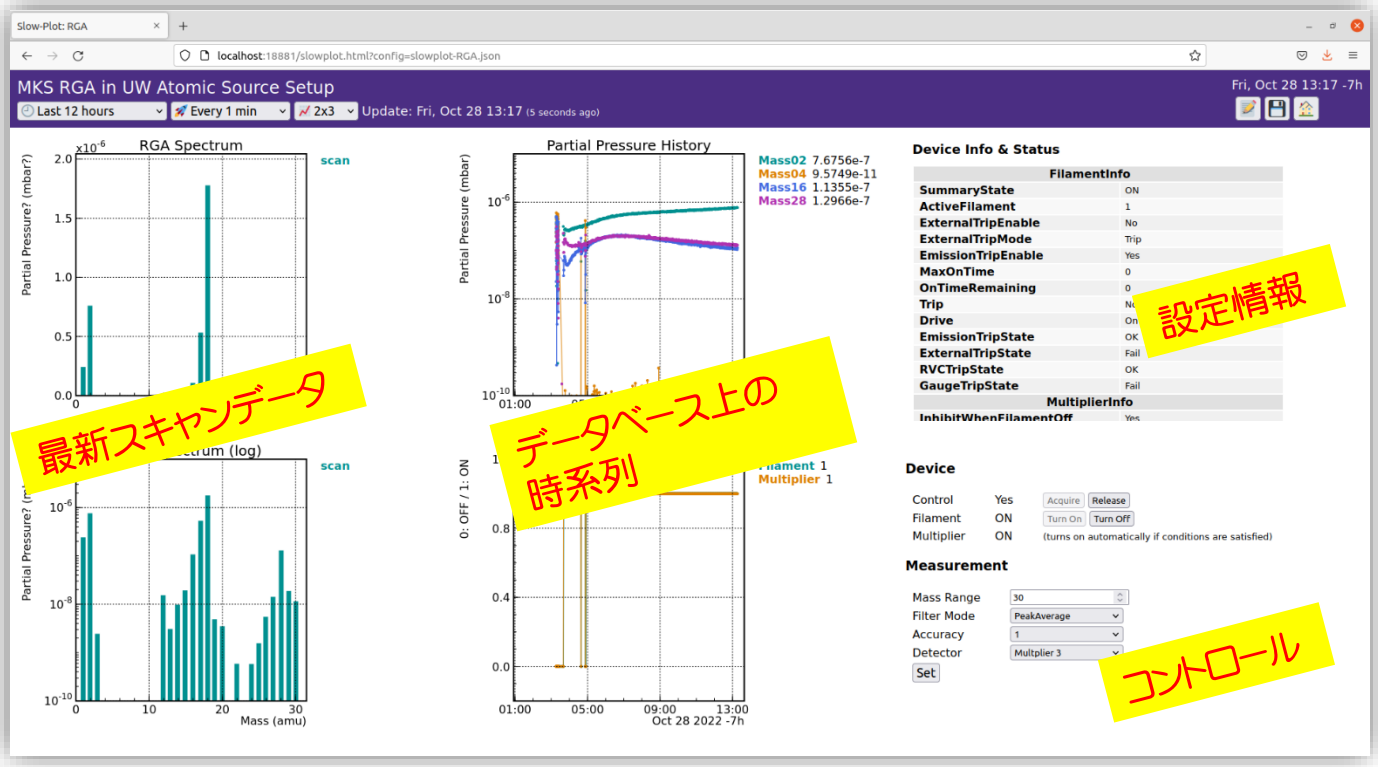
$1,295.00

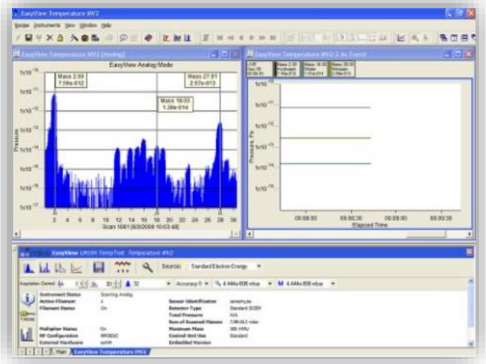




Mini-DAQ 例: 残留ガス分析器

付属の Windows のソフトウェアが使われていて, 使い勝手が悪かった





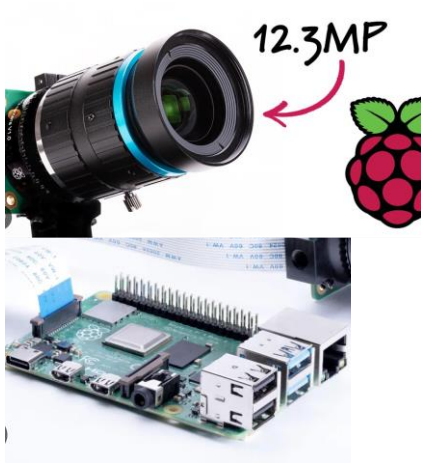
スペクトル分析をして時系列データとしてデータベースに書き込める

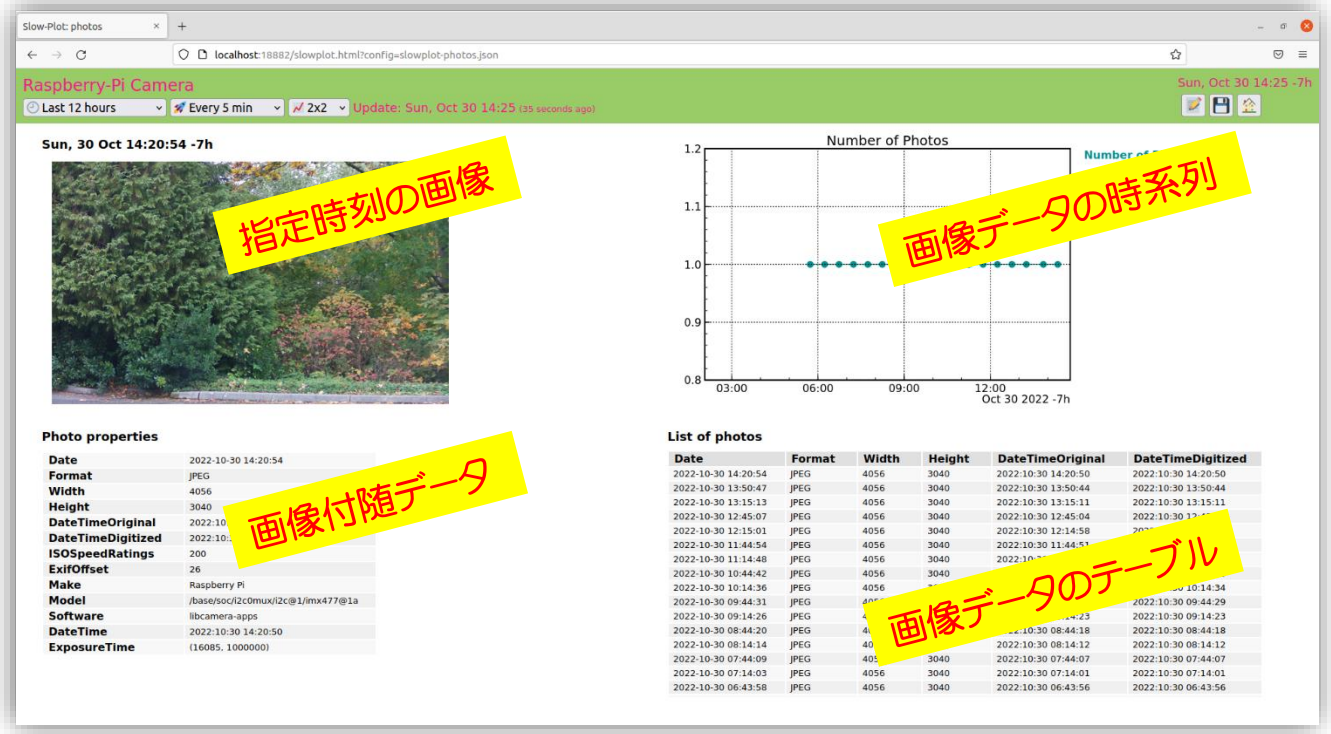
⇐ 製品付属 Windows ソフトウェア：悪くはないけれど, システム統合が難しい

TCP/IP コマンドが公開されているけれどそうすると UI が使えなくなる
Java アプレットも内蔵されているが話にならない

Mini-DAQ 例: Raspberry-Pi カメラと画像解析

画像データ(の時系列)も扱える





- 装置監視写真の時系列, 歪監視, …
- ML 画像解析
- 高温温度計(パイロメータ)
- …

- 画像データは Couch DB に保存
- もちろんクエリもできる

構想: Mini-DAQ のパッケージ化と配布

ユーザモジュールと SlowDash 設定ファイルをパッケージにして簡単に組み込めるようにする

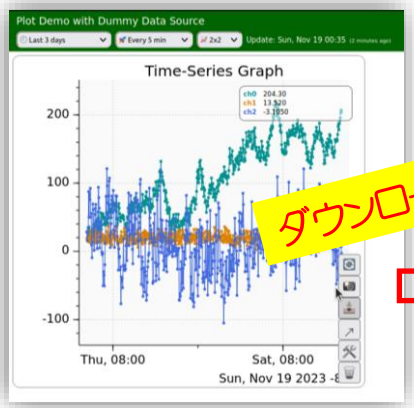
データ解析モジュール（試行錯誤中）

夢：ユーザが Jupyter-Notebook で適当に書いたものを（ほぼ）そのまま走らせたい

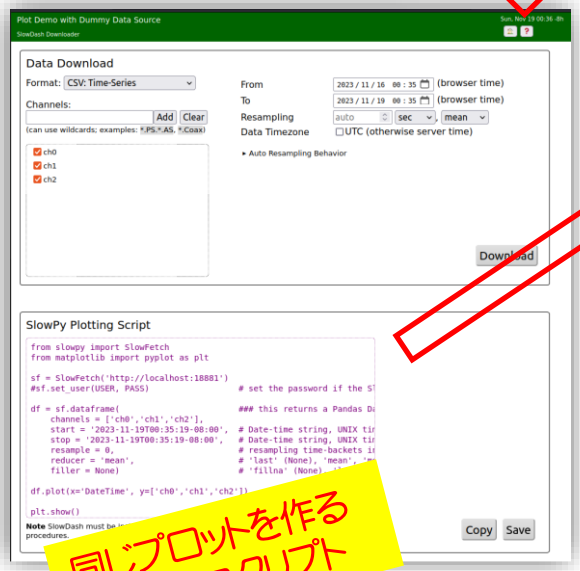
データ解析モジュール（試行錯誤中）

夢：ユーザが Jupyter-Notebook で適当に書いたものを（ほぼ）そのまま走らせたい

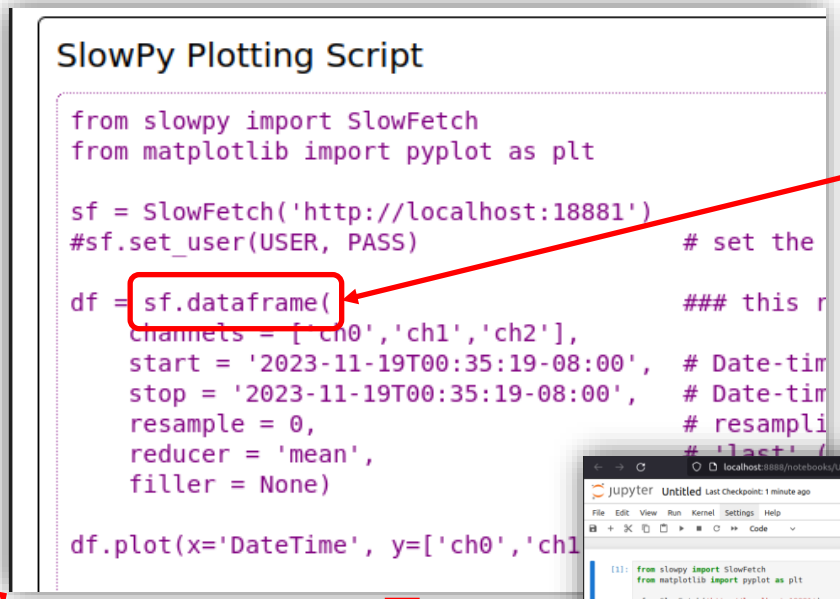
Step 1: データに Python から簡単にアクセスできるようにする



ダウンロードボタン

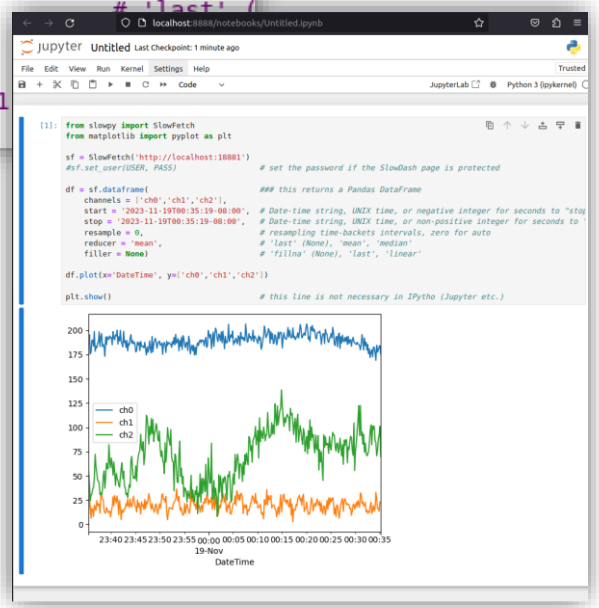


同じプロットを作る Python スクリプト



Pandas の DataFrame を返す

Jupyter にコピペ

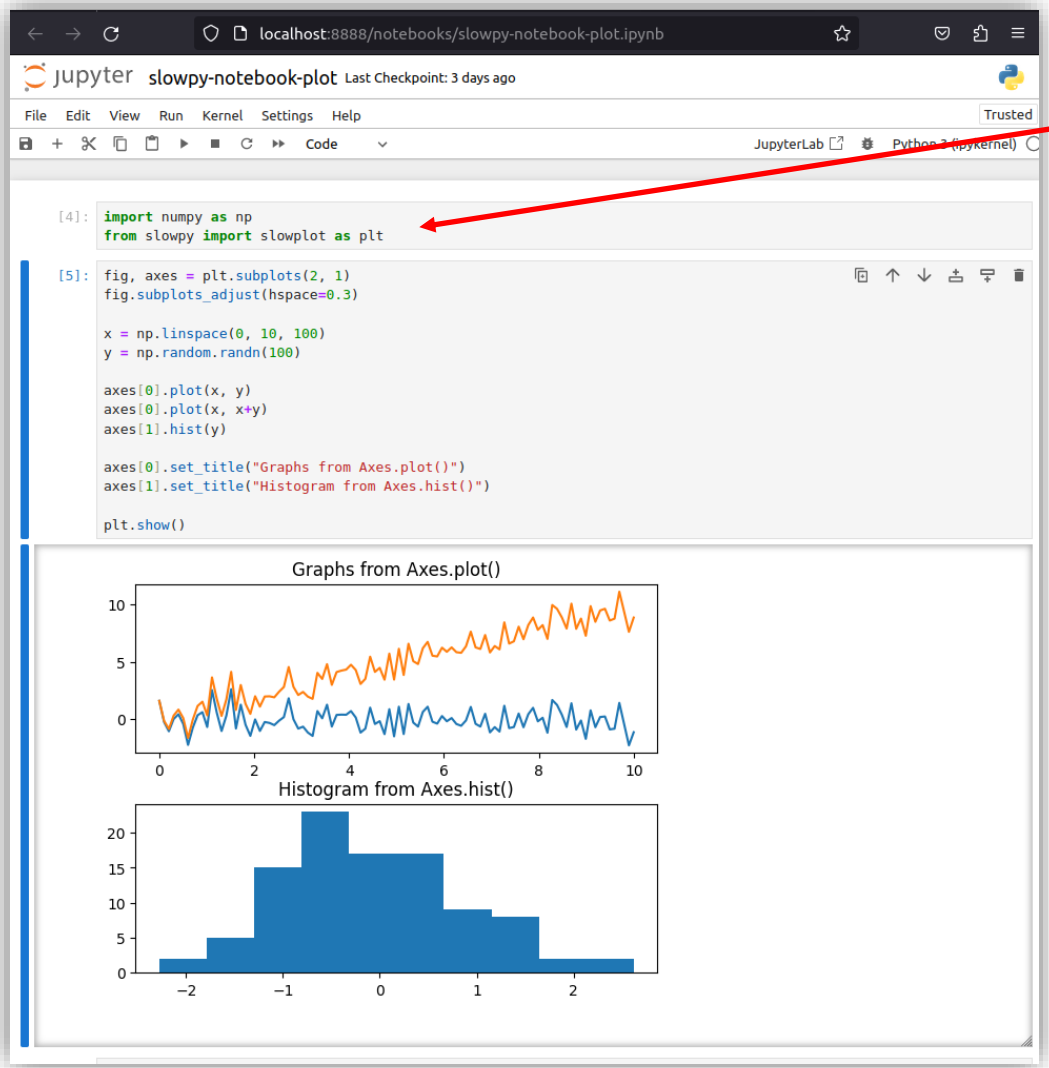


データ解析モジュール（試行錯誤中）

夢：ユーザが Jupyter-Notebook で適当に書いたものを（ほぼ）そのまま走らせたい

Step 2: ユーザに好きなように解析をしてもらう.

NumPy とか SciPy とか Matplotlib とか scikit-learn でも Stan でも



ただし，この行だけちょっと違う

```
from matplotlib import pyplot as plt
```

⇩

```
from slowpy import slowplot as plt
```

そうすると SlowPy が操作を横取り

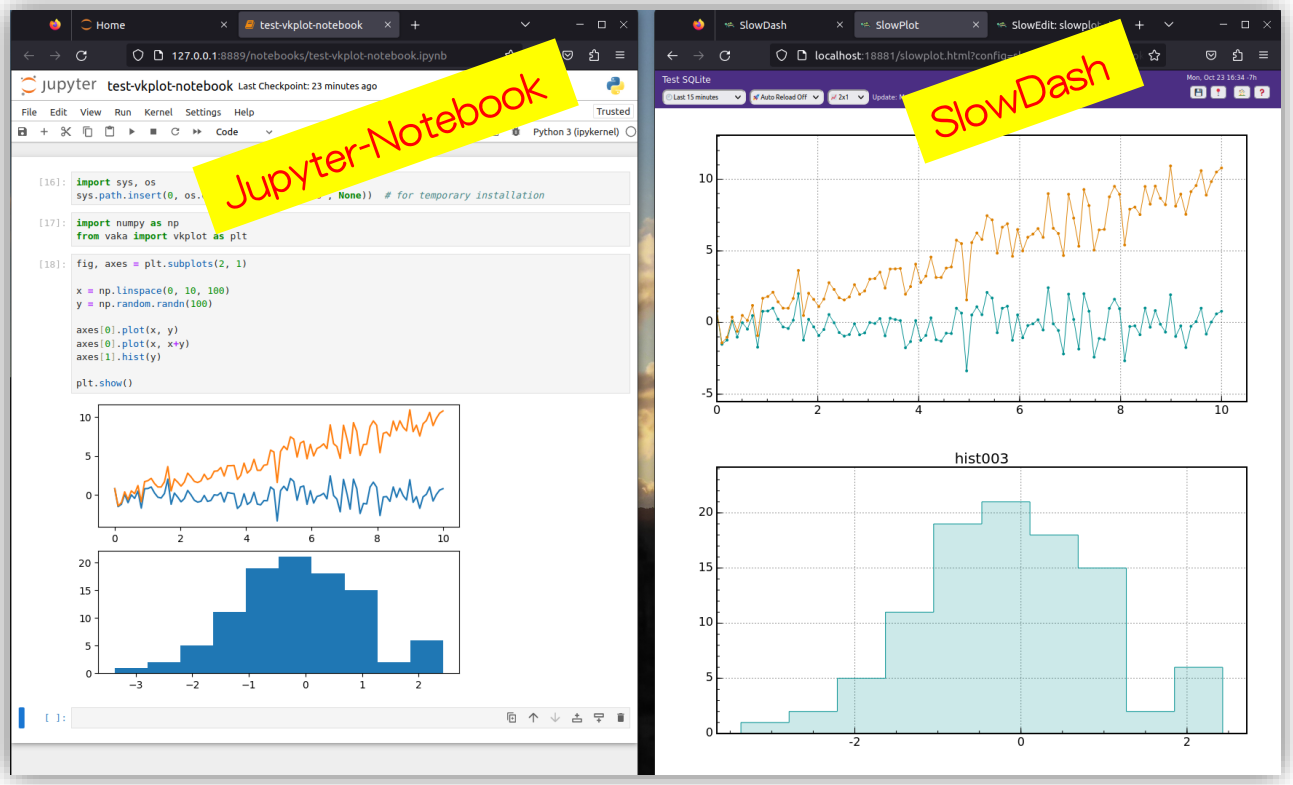
① Matplotlib のプロットと同時に
データをデータベースにも書き込む

② Matplotlib と同じレイアウトの
SlowDash 設定ファイルを生成

データ解析モジュール（試行錯誤中）

夢：ユーザが Jupyter-Notebook で適当に書いたものを（ほぼ）そのまま走らせたい

Step 3: ユーザ解析プログラムを SlowDash モジュールとして（ほぼ）そのまま登録



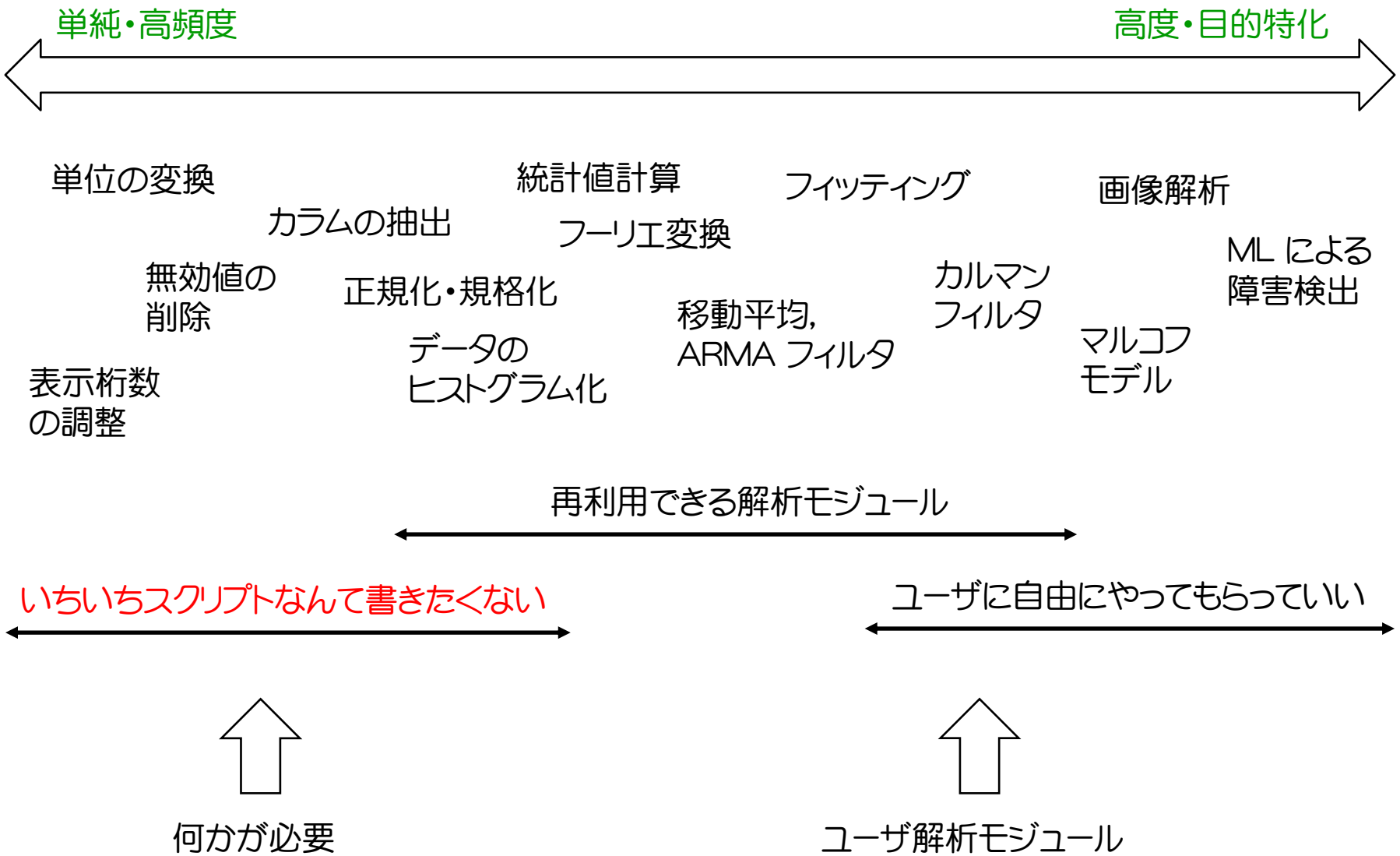
こっちを変えると
（ファイル保存が必要）

こっちも変わる
（リロードが必要）

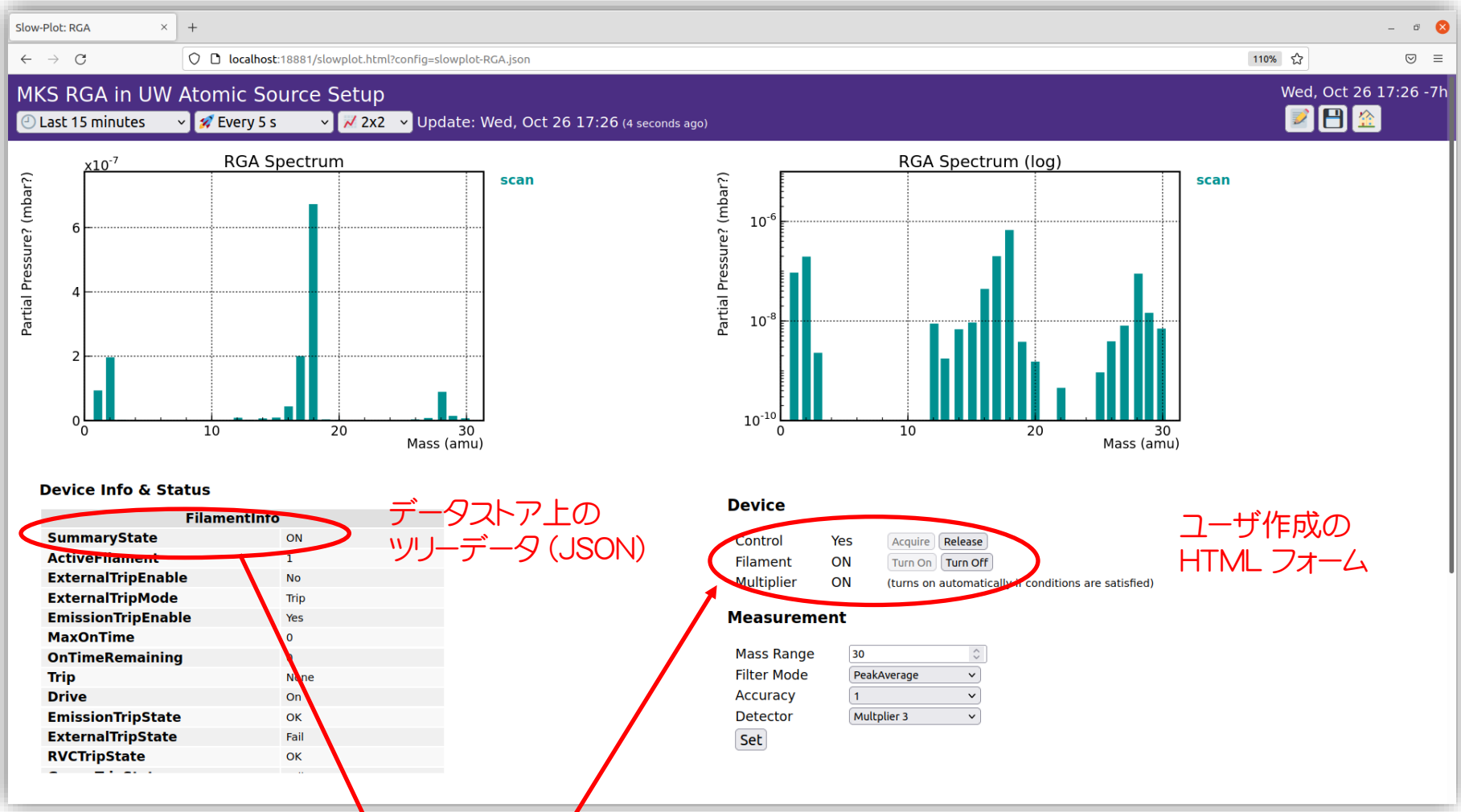
現時点では，繰り返し実行のセルを
関数にしてもらう必要がある
（セルを連打する代わりに SlowDash が関数を呼ぶ）

ひとつ問題が：簡単な解析が簡単にできない

解析といってもいろいろある. データストア上のデータはそのまま使えないことが多い



難しい簡単な解析の例



- データ値を抽出して HTML に表示したい
- データ値を抽出して入力フィールドの初期値に使いたい
- データ値によってボタンの Enable / Disable をコントロールしたい

データ解析ファンクタ（試行錯誤中）

汎用ファンクタをチェーンにして必要な機能を実装する


```
="status['FilamentInfo/SummaryState']->match('OFF')
```

データストア上の
JSON オブジェクト
(Tree 型データ)

->get() ファンクタの別名

Tree 型 ⇒ Scalar<string> 型

正規表現ファンクタ

Scalar<string> 型 ⇒ Scalar<bool> 型

- 抽出ファンクタでいろいろなデータ構造を配列やスカラに変換
- 主に配列データにアルゴリズムを実装する（統計値, フーリエ変換, 時系列フィルタ, 等）
- スカラファンクタはデータの整形にも使える（ ->format('%.3f MB/s') とか）

今後追加予定
- 操作対象選別フィルタ
- 複数データ入力

レンダリング時データ加工（Vue.js 風）

Device Info & Status

FilamentInfo	
SummaryState	ON
ActiveFilament	1
ExternalTripEnable	No
ExternalTripMode	Trip
EmissionTripEnable	Yes
MaxOnTime	0
OnTimeRemaining	0
Trip	None
Drive	On
EmissionTripState	OK
ExternalTripState	Fail
RVCTripState	OK

Device

Control Yes Acquire Release
Filament ON ① Turn On Turn Off ②
Multiplier ON ③ (turns on automatically if conditions are satisfied)

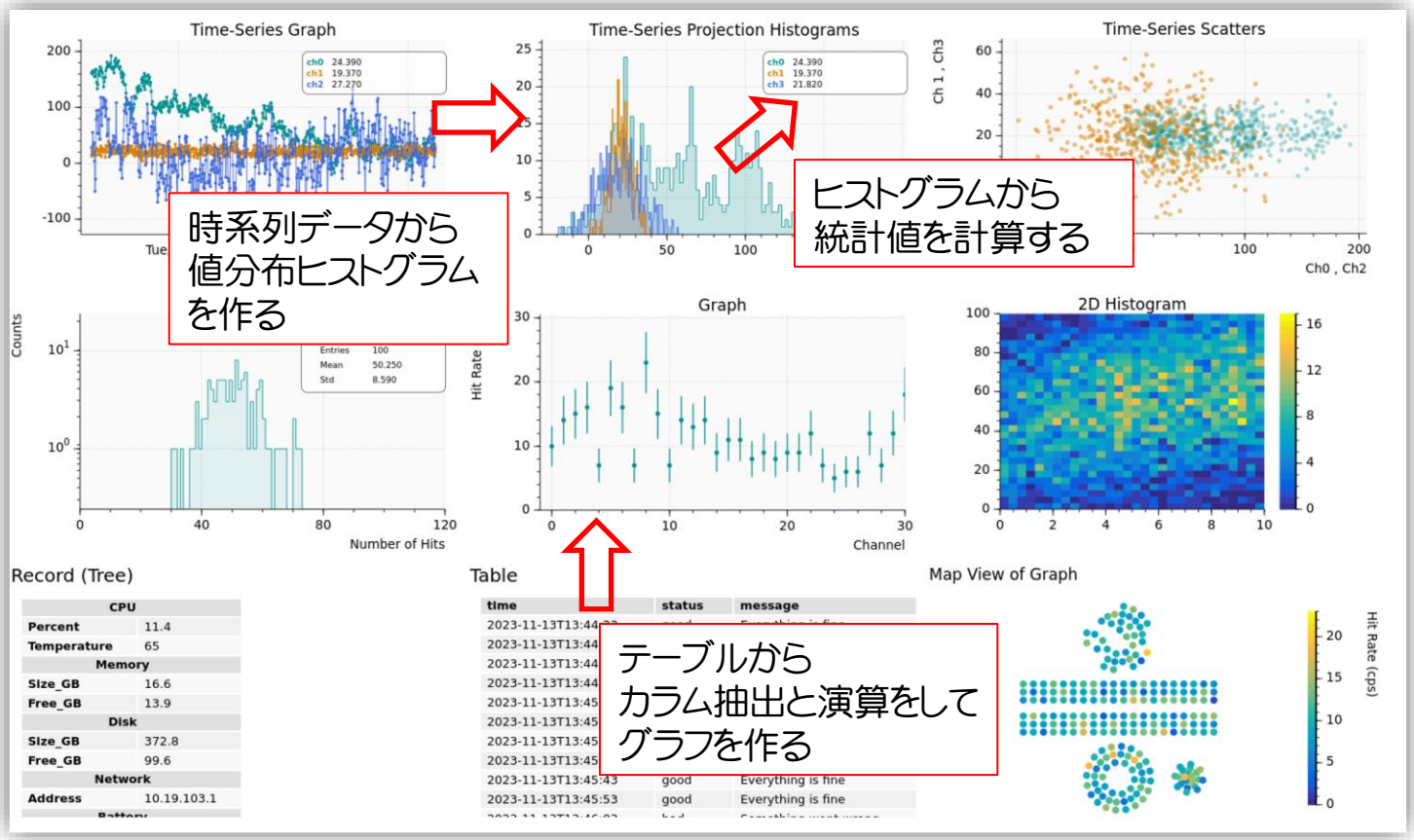
Measurement

Mass Range 30
Filter Mode PeakAverage
Accuracy 1
Detector Multplier 3
Set

```
<h3>Device</h3>
<table>
  <tr>
    <td>Control</td>
    <td><span sd-value="status['Control/Controlling']">--</span></td>
    <td>
      <input type="submit" name="AcquireControl" value="Acquire" sd-enabled="status['Control/Controlling']->match('No')">
      <input type="submit" name="ReleaseControl" value="Release" sd-enabled="status['Control/Controlling']->match('Yes')">
    </td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Filament</td>
    <td><span sd-value="status['FilamentInfo/SummaryState']">--</span></td>
    <td>
      <input type="submit" name="FilamentOn" value="Turn On" sd-enabled="status['FilamentInfo/SummaryState']->match('OFF')">
      <input type="submit" name="FilamentOff" value="Turn Off" sd-enabled="status['FilamentInfo/SummaryState']->match('ON')">
    </td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Multiplier</td>
    <td><span sd-value="status['MultiplierInfo/MultiplierOn']->replace('Yes','ON')->replace('No','OFF')">--</span></td>
    <td><span style="font-size:small">(turns on automatically if conditions are satisfied)</span></td>
  </tr>
</table>

<h3>Measurement</h3>
```

データ解析ファンクタの使い道（構想）



他にも

- 無効値除去・変換
- ビットフラグ値の文字列変換
- 時系列フィルタ（スムージングとか），フーリエスペクトル
- 異常値検出時のアラームアイコン表示

- ヒストグラムフィッティング？

スタック記憶域を持ったデータ解析ファンクタ（構想）

単純な例（セミコロンがスタックプッシュ演算）

二つの時系列データ Ch1 と Ch2 の差の時系列を作る

Ch1; Ch2; -> diff()

Ch1 と Ch2 をリサンプリングしてデータ点を揃えたうえで散布図を作る

Ch1 -> resample(bucket=10); Ch2 -> resample(bucket=10); -> graph()

要検討な例

ヒストグラムを作り, ピークをフィットして, 相対ピーク幅 (rms/mean) を求める (スタックマシン実装)

Ch1 -> hist() -> peakfit() -> get("stats") -> dup() -> get("rms"); -> exch() -> get("mean"); -> ratio()

JSON オブジェクトを返す　スタックの先頭データを複製　スタックの上2つを入れ替える

別案:
スタックマシンに外部記憶域(レジスタファイル)を追加し, 出力を新しいデータチャネルのように見せる

Ch1 -> hist() -> peakfit() -> get("stats") -> Peak; Peak -> get("rms"); Peak -> get("mean"); -> ratio()

スタック外の名前付き記憶域（動的に作成された仮想データチャネル）

開発状況

先週: Version 231116, “Nisqually”

- Grafana 風のデータビジュアライゼーションはほぼ完成

- 単純なコントロールインターフェース（将来変更の可能性あり）
- 試験的なデータ解析インターフェース （毎日変化中）

https://hachi.npl.washington.edu/~sanshiro/SlowdashDownload-JP/（仮置き場）でダウンロード可能,
（日本語ドキュメントあり）

SPADI WG3 に居候中.

半年~1年くらい: Version “Snoqualmie”

- 名前を決めて GitHub に置く
- コントロールと解析を完成させたい
- アラーム通知と対応履歴管理
- コンテナ化

その次: Version “Nooksack”

- メッセージングシステム（AMQP / ZMQ / Kafka etc）への直接接続
- モジュールと設定ファイルのパッケージング
- かっこいいレイアウト