明日から graphlib、みんなで使おう

Hayao Suzuki

PyCon JP 2025 at International Conference Center Hiroshima

September 26, 2025

Share it

GitHub

- `https://github.com/HayaoSuzuki/pyconjp2025`

Hashtag

- #pyconjp #PyConJP2025　#pyconjp_3

Who am I ?

お前誰よ

Name Hayao Suzuki（鈴木　駿）

~~Twitter~~ X @CardinalXaro

Work ソフトウェアエンジニア at 東京ガス株式会社

東京ガス株式会社について

- 一都六県に都市ガス・電気などのエネルギーを供給する会社
- 東京ガスは PyCon JP 2025 の Gold スポンサーです
- ソフトウェアエンジニアを絶賛募集中
  `https://www.tokyo-gas-recruit.com/career/`

Who am I ?

翻訳

- Effective Python 第 3 版 (O'Reilly Japan) New!
- ハイパーモダン Python(O'Reilly Japan)
- Python Distilled(O'Reilly Japan)

監訳・監修

- ロバスト Python(O'Reilly Japan)
- 入門 Python 3 第 2 版 (O'Reilly Japan)
- Python クイックリファレンス 第 4 版 (O'Reilly Japan)

Who am I ?

過去の発表（抜粋）

- Let's implement useless Python objects(PyCon APAC 2023)
- 組み込み関数 pow の知られざる進化 (PyCon JP 2021)
- インメモリーストリーム活用術 (PyCon JP 2020)
- 君は cmath を知っているか (PyCon mini Shizuoka 2020)
- Python と楽しむ初等整数論 (PyCon mini Hiroshima 2019)
- SymPy による数式処理 (PyCon JP 2018)

一覧は `https://xaro.hatenablog.jp/` を参照してください

Today's Theme

明日から `graphlib`、みんなで使おう

Executive Summary

忙しい人向けの要約

- トポロジカルソートとは、有向非巡回グラフの頂点集合の線型順序である
- `graphlib` は、トポロジカルソートが実装された標準ライブラリである
- `graphlib` は、簡易的なタスクランナーとして使える

グラフって、何？

定義（無向グラフ）

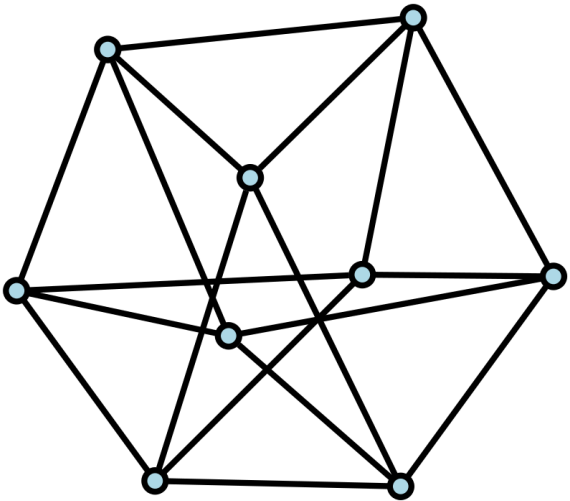
有限集合 V および $V \times V$ の非順序対からなる集合の部分集合 E の組 $G = (V, E)$ を無向グラフと呼ぶ。

定義（有向グラフ）

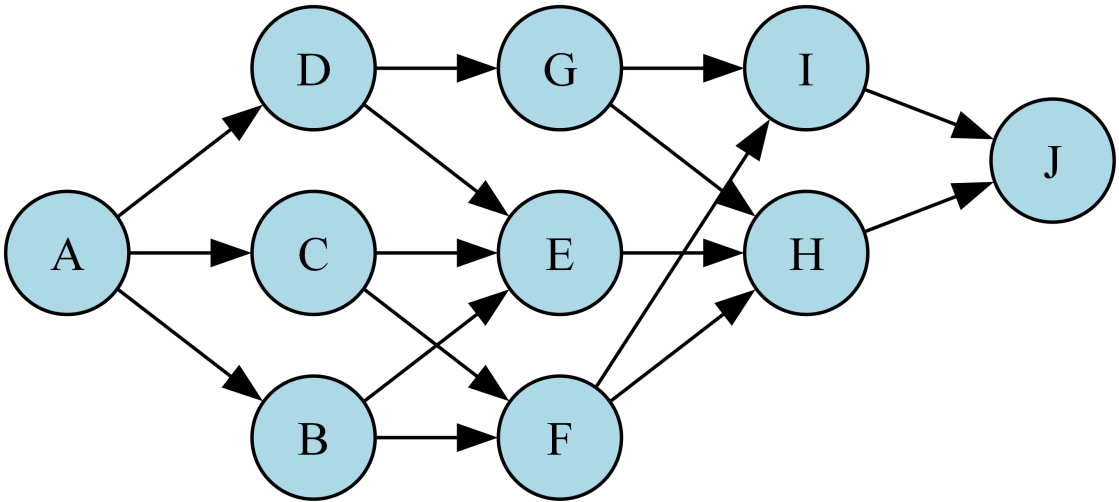
有限集合 V および $V \times V$ の順序対からなる集合の部分集合 E の組 $G = (V, E)$ を有向グラフと呼ぶ。

- V を頂点集合、E を辺集合と呼ぶ。
- V の要素を G の頂点、E の要素を G の辺と呼ぶ。

無向グラフの例



有向グラフの例



…で、そのグラフは当社で働くうえで
何のメリットがあるとお考えですか？

来いよベネット！ 定義なんか捨ててかかって来い！

忙しい人向けのグラフ

- グラフとは、「もの」とその「関係」を数学的にモデル化したものである
- 「もの」は人間、駅、タスク、サーバなど
- 「関係」は人間関係、線路、依存関係、ネットワークなど

トポロジカルソートって、何？

定義（二項関係）

集合 A の直積 $A \times A$ の部分集合 R を二項関係と呼ぶ。
また、$(a, b) \in R$ を aRb と表す。

定義（半順序関係）

以下の性質を満たす関係 R を半順序関係と呼ぶ。

- 反射律 $\forall a \in A$ に対して、aRa である
- 反対称律 $a, b \in A$ に対して、aRb かつ bRa ならば $a = b$ である
- 推移律 $a, b, c \in A$ に対して、aRb かつ bRc ならば aRc である

半順序関係は、大小関係や比較の概念を抽象したもの。

トポロジカルソートって、何？

定義（線型順序）

集合 A の半順序関係 R において、$\forall a, b \in A$ に対して aRb または bRa が成り立つならば、R は線型順序であると呼ぶ。

定義（トポロジカルソート）

有向グラフ $G = (V, E)$ のトポロジカルソートとは、V の線型順序 $(V, \leq)$ で、$(u, v) \in E$ ならば $u \leq v$ を満たすものである。

トポロジカルソートって、何？

定義 (歩道)

グラフ $G = (V, E)$ の頂点 u_1 から u_k への長さ k の歩道 W とは、頂点の列 $(u_1, u_2, \ldots, u_k)$ で、$(u_i, u_j) \in E (1 \leq i < j \leq k)$ を満たすものである。特に、$u_1 = u_k$ の場合、W は閉じていると呼ぶ。

定義 (道)

グラフ $G = (V, E)$ の歩道 W において、頂点および辺がすべて異なるものは道と呼ぶ。特に、閉じた道を閉路と言う。

定義 (有向非巡回グラフ)

有向グラフ $G = (V, E)$ において、閉路を含まないものを有向非巡回グラフと呼ぶ。

トポロジカルソートって、何？

命題（トポロジカルソート可能）

有向グラフ G がトポロジカルソート可能であるための必要十分条件は、
有向グラフ G が有向非巡回グラフであることである。

トポロジカルソート可能 $\Rightarrow$ 有向非巡回グラフ.

トポロジカルソート可能だがグラフ G に閉路が存在すると仮定する。
その閉路を $v_i, v_j, v_k (i < j < k)$ として、かつ $v_i \leq v_j \leq v_k$ とする。
$v_i, v_j, v_k (i < j < k)$ は閉路なので、v_k から v_i への辺が存在する。
つまり、$v_k \leq v_i$ となるが、それは仮定 $v_i \leq v_j \leq v_k$ に矛盾する。 □

まだまだ続くぞ楽しい証明コーナー

補題

有向非巡回グラフには入次数 0 の頂点が必ず存在する。

証明.

有向非巡回グラフの最長の道 $v_1, \ldots, v_k$ を 1 つ選ぶ。v_1 に入る辺が存在するならば、$u, v_1, \ldots, v_k$ かつ $(u, v_1) \in E$ のような頂点 u が存在することになるが、$v_1, \ldots, v_k$ が最長の道であるという仮定に反する。よって、v_1 の入次数は 0 となり、有向非巡回グラフには入次数 0 の頂点が必ず存在する。 □

補題

有向非巡回グラフ G の部分グラフ H もまた有向非巡回グラフである。

証明.

部分グラフ H が有向非巡回グラフではないと仮定する。H の閉路を C とした場合、H は G の部分グラフなので、閉路 C は G にも存在することになる。しかし、それは G が有向非巡回グラフであるという仮定に反する。 □

有向非巡回グラフ $\Rightarrow$ トポロジカルソート可能.

有向非巡回グラフ G には必ず入次数 0 の頂点が必ず存在するので、その頂点およびそこから出る辺を取り除く。取り除いたグラフもまた有向非巡回グラフなので、頂点がなくなるまでそれを繰り返す。取り除いた順番に頂点を並べたものがトポロジカルソートである。 □

重要：証明がアルゴリズムになっていることに注意。

離散数学の講義ではなく、
PyCon JP ですよ

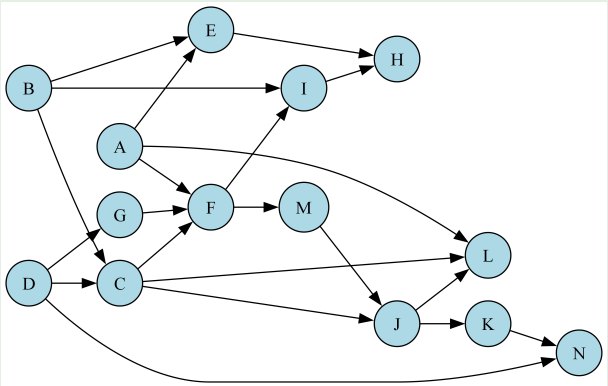
来いよベネット！ 証明なんか捨てて（ｒｙ

忙しい人向けのトポロジカルソート

- 半順序関係は、大小関係や包含関係を抽象化したもの
- 線型順序は、どれでも比較できるやつ、ぐらいの理解で
- トポロジカルソートは、有向グラフの頂点をいい感じに順序付けしたもの
- トポロジカルソートと有向非巡回グラフは表裏一体
- トポロジカルソートに関する証明がアルゴリズムになっている

トポロジカルソートの使い道とは

Q: 頂点をタスク、辺をタスクの依存関係とする。
どの順番でタスクを実行すればよいか？



トポロジカルソートの使い道とは

Ans: グラフをトポロジカルソートして、その順番にやればよい。

A → B → D → E → C → G → F → I → M → H → J → K → L → N

どうやったの？

すでに graphlib、僕は使ったよ

真打登場

graphlib：グラフ構造を操作する機能

- 現在は TopologicalSorter のみ、単純な標準ライブラリ
- Python 3.9 で追加
- https://github.com/python/cpython/issues/61207 で議論されていた。

graphlib の使い方

トポロジカルソートの実行

```
from graphlib import TopologicalSorter

graph = {
    "D": {"B", "C"},
    "C": {"A"},
    "B": {"A"},
}
order = TopologicalSorter(graph).static_order()
print(f"Topological order: {" → ".join(order)}")
# A → C → B → D
```

D←B, D←C のようなイメージで定義する。

graphlib の使い方

有向非巡回グラフではないケース

```
from graphlib import TopologicalSorter

graph = {
    "A": {"C"},
    "B": {"A"},
    "C": {"B"}
}
order = TopologicalSorter(graph).static_order()
print(f"Topological order: {" → ".join(order)}")
# graphlib.CycleError が発生する
```

より高度な使い方

graphlib：依存関係のあるタスクを実行するタスクランナー

- 並列実行しやすいアルゴリズム
- ドキュメントにそれとなく触れられているが、不十分…。
- 生成 AI の力を借りてそれとなく作ってみよう！

タスクの定義

dataclass によるタスク定義

```
@dataclass(frozen=True, slots=True)
class Task:
    name: str
    action: Action
    deps: set[str] = field(default_factory=set)
```

頂点はハッシュ可能である必要があるので、frozen=True を使う。

タスクランナー

グラフの定義

```
def run(tasks, max_workers=None):
    by_name = {t.name: t for t in tasks}
    ts = TopologicalSorter({t.name: set(t.deps) for t in
    ts.prepare()
    results: dict[str, object] = {}
    ...
```

タスクランナー

並行処理：スレッドに投入

```
def run(tasks, max_workers=None):
    ...
    with ThreadPoolExecutor(max_workers) as pool:
        while ts.is_active():
            ready = ts.get_ready()
            futs = {}
            for name in ready:
                print(f"run  {name}")
                futs[pool.submit(by_name[name].action)]
                ...
```

タスクランナー

並行処理：完了待ち

```
def run(tasks, max_workers=None):
    ...
    with ThreadPoolExecutor(max_workers) as pool:
        while ts.is_active():
            ...
            for fut in as_completed(futs):
                name = futs[fut]
                results[name] = fut.result()
                print(f"done {name}")
                ts.done(name)
    return results
```

まとめ

まとめ

- トポロジカルソートとは、有向非巡回グラフの頂点集合の線型順序である。
- 有向グラフ G がトポロジカルソート可能であるための必要十分条件は、有向グラフ G が有向非巡回グラフであることである。
- `graphlib` は、トポロジカルソートが実装された標準ライブラリである。
- `graphlib` は、簡易的なタスクランナーを実装する際に、実行順序を決定する仕組みとして使える。