

時間割編成問題を記述可能なドメイン特化言語 AUK の提案 AUK: A DSL for Timetabling Problem

松田 陸斗¹⁾ 乃村 能成¹⁾
Rikuto Matsuda Yoshinari Nomura

1. はじめに

少子化の影響により大学の統合や再編成が進んでいる。さらに、COVID-19 の感染拡大防止策として、多くの大学の授業がオンライン化したことにより、大学の授業形態が変わりつつある。このような情勢に伴い、大学の時間割再編成に対する要求が増している。このため、大学の時間割に対応した時間割作成システムが求められている。しかし、大学の時間割モデルは大学毎に異なるため、時間割編成問題の一般化は困難である。

そこで、大学の時間割編成問題の構造を調査し、大学の時間割編成問題を記述可能なドメイン特化言語 (DSL; Domain-Specific Language) **AUK** を提案する。AUK の文法は、時間割編成問題に関する国際競技会である ITC2019[1] の提案を参考にしてしている。時間割作成システムの入力インタフェースに AUK を用いることによって、時間割作成システムの汎化が期待される。

以降では、時間割編成問題の構造、AUK の文法、および AUK の評価について述べる。

2. 時間割編成問題

2.1 時間割編成問題とは

時間割編成問題とは、時間割を構成する要素 (以下、時間割資源と呼ぶ) の組合せを決定する問題である。本稿では、時間割資源は時間枠、教室、教員、および授業とする。時間割編成の際には、通常、時間割資源の組合せを制限するような制約が課せられる。したがって、時間割編成問題は、制約を満たすような時間割資源の割当てを決定する問題といえる。

2.2 制約の分類

2.2.1 ドメイン制約

時間割資源の組合せの総数は、各時間割資源数の積で求められる。しかし、資源どうしの組合せには、無効な組合せも考えられるため、これを制約によって定める。ここで、時間割資源の組合せのうち、有効なものの集合をドメインと呼ぶ。また、ドメインの範囲を定めるような制約をドメイン制約と呼ぶ。ドメインとドメイン制約の具体例を次に示す。

ドメイン制約: 授業「化学」は教室「実験室」でのみ開講できる。

ドメイン: 「化学」が「実験室」で開講される。

ドメイン外: 「化学」が「講義室」で開講される。

2.2.2 競合制約

ドメイン制約に対して、時間割資源間の競合に関する制約を競合制約と呼ぶ。競合とは、複数の時間割資源が他の時間割資源によって制限を受けることである。たとえば、授業が時間枠から競合制約を受ける場合、「授業

1) 岡山大学大学院自然科学研究科, Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

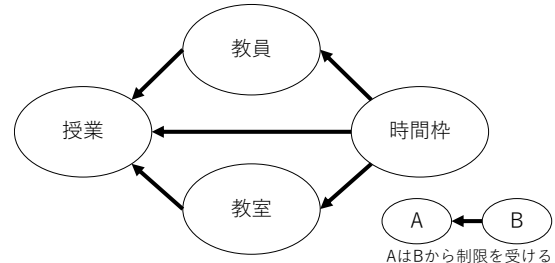


図 1 時間割資源間の制限関係図

A, 授業 B は同じ時間枠に開講できない」という例がある。

2.3 ドメイン制約の制限関係

ドメイン制約は、時間割資源間に課される。これによって、図 1 に示す従属関係が生じる。図 1 は以下のことを表す。

- (1) 授業は教員、教室、および時間枠から制限を受ける
- (2) 教員と教室は時間枠から制限を受ける
- (3) 時間枠は他の資源から制限を受けない

これらの分析に基づいて 3 章で AUK の文法を提案する。

3. AUK の提案

3.1 AUK の概要

既存の時間割編成問題の記述言語として ITC2019 で提案された XML フォーマットがある (以下、ITC フォーマットと呼ぶ)。ITC フォーマットは学生の履修希望を満足する時間割を編成する問題を扱うことを意図して設計された。一方、日本の大学では、通常、学生の履修希望は時間割に反映されない。このため、ITC フォーマットは日本の時間割編成問題に即しているとは言えない。また、ITC フォーマットは、人による記述を想定していないため、冗長な記法が多い。したがって、ITC フォーマットを時間割編成問題の DSL に流用するのは難しい。

ここで、ITC フォーマットの問題点を解消した時間割編成問題の DSL である AUK を提案する。すなわち、AUK とは、2 章の分析結果より、ITC フォーマットを日本の大学の時間割編成問題に適合し、かつ、ITC フォーマットから冗長性が削減され、かつ、人が記述することに則したものである。また、AUK は Ruby の内部 DSL として実装するため、AUK の文法は Ruby の文法に依存する。

3.2 冗長性の削減

ITC フォーマットから冗長性を削減するための工夫として、以下の 2 つを導入する。

- (1) 時間割資源の集合の導入
ドメイン制約や競合制約を記述する際、共通する属

性を持った複数の時間割資源を集合として指定したいという要求がある。たとえば、少人数で行われる授業は、定員の少ない教室の集合「小講義室」を指定したい。この集合は、同一のものが複数回現れることが多い。ここで、複数の時間割資源の集合記法を導入することで冗長性を排除できると考えられる。

(2) 二次元表を指向した時間枠指定方法の最適化

時間枠とは、授業時間の範囲のことである。ITC フォーマットにおいて、時間枠の指定は、時間枠の列挙によって記述できる。しかし、時間枠数は、(1 週間の授業日数) × (1 日の授業数) であるため、単純な時間枠の列挙は冗長になりやすい。ここで、時間枠が曜日と時限の二次元表で表せることに着目し、時間枠指定の記述方法をスプレッドシートのセル参照記法に基づいて定義する。これによって、より簡潔な記述が期待できる。

3.3 AUK の文法

時間枠の記述: 時間枠は、1 週間の授業日数 (`nr_days_a_week`) と 1 日に行われる最大授業数 (`nr_periods`) によって決まる。また、時間枠 (`period`) と時間 (`time`) の対応付けが必要である。時間枠の記述文法を以下に示す。

```
period do
  nr_days_a_week 5
  nr_periods 8

  first start_time: "HH:MM", end_time: "HH:MM"
  second start_time: "HH:MM", end_time: "HH:MM"
  ...
end
```

教室の記述: ここでは、各教室について、教室名 (`room_name`)、ドメイン制約 (`unavailable`)、および所属グループ (`belongs_to`) を記述する。教室の記述文法を以下に示す。

```
room "room_name" do
  unavailable "YYYY/MM/DD", "HH:MM"
  belongs_to "group_name"
end
```

教員の記述: ここでは、各教員について、教員名 (`ins_name`)、ドメイン制約 (`unavailable`)、および所属グループ (`belongs_to`) を記述する。教員の記述文法を以下に示す。

```
instructor "ins_name" do
  unavailable "YYYY/MM/DD", "HH:MM"
  belongs_to "group_name"
end
```

授業の記述: ここでは、各授業について、授業名 (`lec_name`)、ドメイン制約 (`rooms`, `instructors`, `period`) を記述する。授業の記述文法を以下に示す。

```
lecture "lec_name" do
  rooms "group_name", ...
  instructors "group_name", ...
  period "Mon1:Mon8", "Wed1:Wed8"
end
```

表 1 wbg-fal10 を ITC フォーマットおよび AUK で記述した際の字句数の比較

	教室	授業	競合制約	合計
ITC フォーマット	184	73920	1522	75626
AUK	235	2334	616	3185

表 2 wbg-fal10 を AUK で記述した際の時間割資源あたりの記述量

	教室	授業	競合制約
時間割資源数	7	150	82
AUK での記述量	235	2334	616
時間割資源あたりの記述量	33.57	15.56	7.51

競合制約の記述: 競合制約は、制約名と制約が課せられる資源 (`lectures`) を記述する必要がある。制約名には、あらかじめ登録されている競合制約名が入る。この競合制約には、ITC2019 で提案された 19 個の競合制約を用いる。これらの競合制約は、2 つ以上の授業の集合に対して、時間枠や教室から制限を受ける制約として定義されている。ITC2019 の競合制約の例として、「複数の授業が同じ時間に開講されない (`NotOverlap`)」や「複数の授業が同じ教室で開講される (`SameRoom`)」がある。競合制約の記述文法を以下に示す。

```
NotOverlap do
  lectures "lec_name", ...
end
```

3.4 AUK の評価

本節では、ITC2019 の例題 wbg-fal10 を AUK の文法に従って記述した場合の記述量を比較評価する。ここで、記述量とは、比較対象の各言語に対して字句解析を行い、時間割編成問題の情報を持たない字句 (タグ括弧等) を除去した状態の合計字句数である。また、ITC フォーマットと AUK は扱う時間割資源が異なるため、共通項のみを比較する。ここで、表 1 に比較結果を示す。表 1 の各言語の合計字句数の比較結果により、AUK は ITC フォーマットに対して記述量の合計を 96% 削減できていることがわかる。この要因としては、3.2 節 (2) によって、授業に関する記述量が大きく削減できたことが挙げられる。

また、wbg-fal10 の時間割資源あたりの記述量を表 2 に示す。表 2 の時間割資源あたりの記述量より、特に資源数が多くなる傾向にある授業、および競合制約あたりの記述量は大きく抑えられており、AUK は人が直接記述する DSL としても使用可能であるといえる。

4. おわりに

大学の時間割編成問題を分析し、時間割編成問題を記述するドメイン特化言語 AUK を提案した。今後は、AUK を入力インタフェースとして採用した時間割作成システムの開発を行う。

参考文献

- [1] Müller, T., Rudová, H. and Müllerová, Z.: ITC2019: International Timetabling Competition 2019, (online), available from (<https://www.itc2019.org>) (accessed 2021-01-13).