

量子アニーリングを用いた 履修計画最適化

明星大学情報学部情報学科
和田研究室 19J5-095 當摩駿

1

はじめに

自分の希望を満たす履修計画を立てたいが…
↓
膨大な選択肢の中から大学の基準を満たす科目の組み合わせを考えなければならない
↓
そこで、組み合わせ最適化問題の解法に特化した
量子アニーリングを利用して最適な履修計画を提案する

2

量子アニーリング

- 量子コンピュータ…量子ビットを使用し0と1を同時に扱うことのできるコンピュータ
- 量子コンピュータは二つの方式に大別される
→ 量子アニーリング方式と量子ゲート方式
- 量子アニーリング…組合せ最適化問題を高速に解けると期待されているコンピュータ

本研究では量子アニーリングのシミュレータ(OpenJij)を利用

3

組み合わせ最適化問題

『膨大な選択肢から最適な選択肢を探索』

【例】

- 出発地点から目的地までの最短経路を探索
- バッグの中に詰め込める荷物の総価値を最大化する問題

↓
最も損失を最小化、もしくは価値を最大化

4

履修計画最適化

- 目的 → 大学が提案した複数の履修モデルを軸に最適化

履修モデルとは？

具体的な将来イメージに合わせた必要な科目を示したもの

複数の履修モデルを使う理由

学生の希望が特定の履修モデルと一致するとは限らないため

- 手段 → 履修モデルに含まれる各学科科目に「重み」を付け、最終的に重みの合計が大きい科目を優先的に選択する

1. 学生が複数の履修モデルを選択し重みを付ける
2. 学生が教養科目を選択し重みの割合を付ける

5

科目の重み付け計算

履修モデルの重み

- 是非履修したい → 10
- なるべく履修したい → 8
- 少し履修したい → 6
- どちらかという履修したい → 4
- それ以外 → 0

教養科目の割合

- 是非履修したい → 90%
- なるべく履修したい → 60%
- 少し履修したい → 30%
- それ以外 → 0%

例. 教養科目2を是非履修したい場合 ↓
 $18(\text{学科科目最大の重み}) \times 0.9 = 16.2$

	履修モデルA 重み10	履修モデルB 重み8	教養科目	合計
学科科目1	10			10
学科科目2	10	8		18
学科科目3				0
学科科目4		8		8
学科科目5	10	8		18
～				
教養科目1				0
教養科目2			18×0.9	16.2
教養科目3				0
教養科目4			18×0.6	10.8
～				

6

定式化の準備 (曜日時限)

	月	火	水	木	金	土
1	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
2	0,1					
3	0,2					
4	0,3					
5	0,4					
6	0,5					5,5

曜日×時限(2次元)



月1	月2	月3	月4	月5	月6	火1	火2	～	土4	土5	土6
0	1	2	3	4	5	6	7	～	33	34	35

曜日時限(1次元)

量子アニーリングは2次元で表現される

履修計画における「科目, 曜日, 時限」の3次元で構成されたものを2次元にする必要がある

↓
 「曜日, 時限」を1次元にして「科目, 曜日時限」の2次元にする

7

定式化の準備 (科目×曜日時限)

- 曜日時限と科目を掛け合わせて2次元で表す
- 表に含まれる「1」は科目iに該当する曜日時限j

i \ j	月1	月2	月3	月4	月5	月6	火1	火2	～	土4	土5	土6
科目0		1										
科目1					1							
科目2	1											
科目3												
科目4			1									
科目5							1					
～												

科目×曜日時限(2次元)

8

定義と定式化

記号	定義
W_i	i番目の科目の重み
$T_{i,j}$	i番目の科目はj番目の曜日時限
C_i	i番目の科目の単位数
A	取得したい単位数
$x_{i,j}$	i番目の科目をj番目の曜日時限に取る (=1) or 取らない (=0)

【目的関数】

- 重みの大きい科目を選択

$$\text{maximize } \sum_{i=0} \sum_{j=0} W_i x_{i,j} \quad \dots(1)$$

【制約条件】

- i番目の科目は指定されたj番目の曜日時限にしか取れない

$$\lambda_1 \sum_{i=0} \sum_{j=0} ((T_{i,j} - 1)x_{i,j})^2 = 0 \quad \dots(2)$$

- j番目の曜日時限にあらゆる科目は一つまでしか取れない

$$\lambda_2 \sum_{j=0} \sum_{i=0} T_{i,j} x_{i,j} \leq 1 \quad \dots(3)$$

- 取得したい単位数はAとする

$$\lambda_3 \left(\left(\sum_{j=0} \sum_{i=0} C_i x_{i,j} \right) - A \right)^2 = 0 \quad \dots(4)$$

9

実験で使用する科目データの構成 (明星大学)

ID	科目名	曜日	時限	単位数	配当年次	開講学期
J22500	コンピュータグラフィックス	1	2	2	2	0
J22600	モデル化技法と最適化	5	2	2	2	0
J22700	デジタル信号処理	0	3	2	2	1
J22800	数値計算法	0	3	2	3	0
J22900	画像処理	3	1	2	3	1

明星大学の2019年度の「履修の手引」を使用

- 曜日 … 月曜日～土曜日 → 0～5
- 時限 … 1限～6限 → 1～6
- 開講学期 … 前期, 後期 → 0,1

10

実験手順

1. 学生による希望の入力と不要な科目データの除外

- 「履修モデル」を複数選択して重みを付ける
- 「教養科目」を選択して割合を付ける
- 「配当年次」と「開講学期」を選択
- 「単位数」を選択 (必修科目を除く)
- 選択した配当年次と開講学期以外の科目データを除外

2. 量子アニーリングの実行

- 量子アニーリングのシミュレータであるOpenJijを使用

3. 実行結果の取得と確認

11

学生の希望の例

【本研究における履修モデルの種類】

- クラウドエンジニア
- ソフトウェア開発
- マルチメディアと知覚デザイン
- 組込みシステム
- 数理科学とデータの活用
- 情報の活用と教育

項目	内容
学年	2
履修モデル	クラウドエンジニア (重み10), ソフトウェア開発 (重み8) マルチメディアと知覚デザイン (重み6)
教養科目	【前期】 情報法制論, 現代社会の仕組みA … 90% 国際関係論A, 技術・科学史 … 60% 論理学A … 30% 【後期】 現代経済への視点B, 世界のことばと文化を知る … 90% 国際関係論B … 60% 21世紀の世界を考える, 美学A … 30%
取得したい単位数	前期と後期共に16単位

12

量子アニーリングの実行

- 3つの制約条件に罰金係数をかける
 - 罰金係数を調整の結果 → $\lambda_1 = 75$, $\lambda_2 = 8$, $\lambda_3 = 6$ に設定
- 目的関数と3つの制約条件を足し合わせる
- OpenJij を実行

13

実行結果

2年前期

科目名	曜日時限
アルゴリズムとデータ構造1	木2
システム工学	火4
現代社会の仕組みA	火5
情報法制論	火3
技術外国語A	月4
技術・科学史	木3
コンピュータグラフィックス	火2
知的財産権	土3

位16単

- 《木2》
 - アルゴリズムとデータ構造1 (重み 24)
 - 技術・科学史 (重み 14.4)
 - 国際関係論A (重み 14.4)
- 《火5》
 - 現代社会の仕組みA (重み 21.6)
 - 情報ワークショップ1 (重み 8)
- 《火3》
 - 情報法制論 (重み 21.6)
 - メディアとコミュニケーション (重み 6)
- 《木3》
 - 技術・科学史 (重み 14.4)
 - ドキュメント構成論 (重み 8)

制約条件が守られており、重みの大きい科目が選択されたため、目的を達成できた

14

まとめ

- 本研究では、量子アニーリングを用いた履修計画最適化を提案した
- 実験 → 明星大学の科目と履修モデルを使い、複数の履修モデルと教養科目を選択し、取得したい単位数などを指定した
- 結果 → 制約条件が守られつつ、重みの大きい科目が選択されたため、目的を達成することができた

本研究で提案した量子アニーリングを用いた履修計画最適化は履修モデル（または履修モデルに準じた仕組み）のある大学で利用可能

15

今後の課題

- 科目数が増加し、制約条件が増えた場合、量子アニーリングの精度に変化があるかどうか調べる必要がある
- 履修計画最適化の利便性を向上させるため、取得したい教養科目の単位数と、学科学科の単位数をそれぞれ指定することができると望ましい

16