

# JMMLUの物理・化学・生物 データセットの 学習指導要領に基づく 難度付け



東京学芸大学 江原遥  
一條和樹, 河野 哲太, 福原 政哉,

<https://rebrand.ly/JMMLUsciencedifficulty>

# 背景

- 大規模言語モデルの評価用の多肢選択式データセットとしてMassive Multitask Language Understanding [MMLU, HendrycksらICLR21]が有名である。MMLUの一部を日本語に翻訳したデータセットとして日本語MMLU(JMMLU)が提案されている[尹ら言語処理学会24]
- もとになるMMLUの設問は英語圏のデータセットであるため、必ずしも日本の学習指導要領上高校レベルとは限らない

JMMLUの高校レベルの物理・化学・生物のデータセットについて、日本の学習指導要領に沿って4段階に難易度を付けたデータを作成した

- 0: 中学までの知識で解ける
- 1: ○○基礎の知識で解ける
- 2: ○○の知識で解ける
- 3: 大学以上の知識が必要

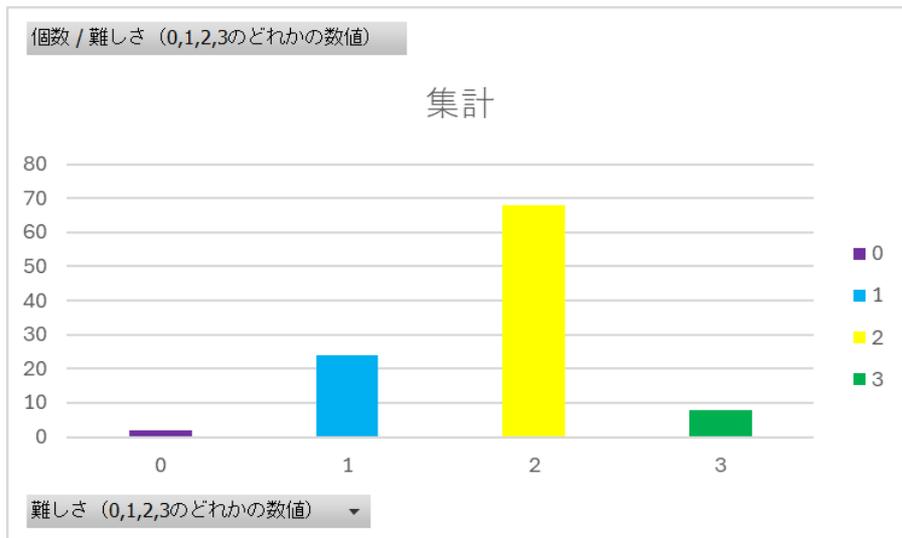
アノテータ

弊学技術科教室の卒研究生3名

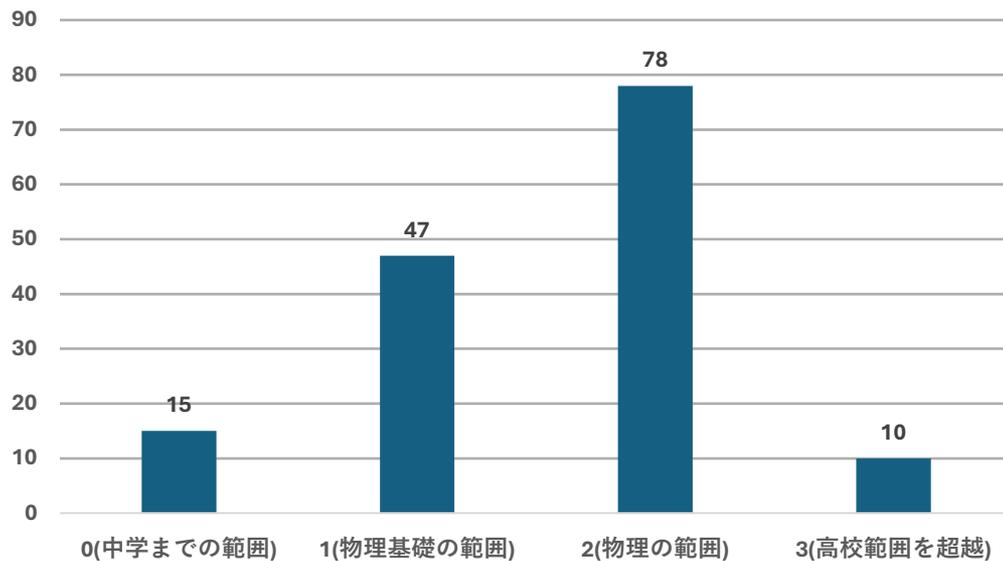
理科の学習指導要領・学習指導要領の解説を読み込み、それに基づいてアノテートした

# 難度(物理,化学)

化学

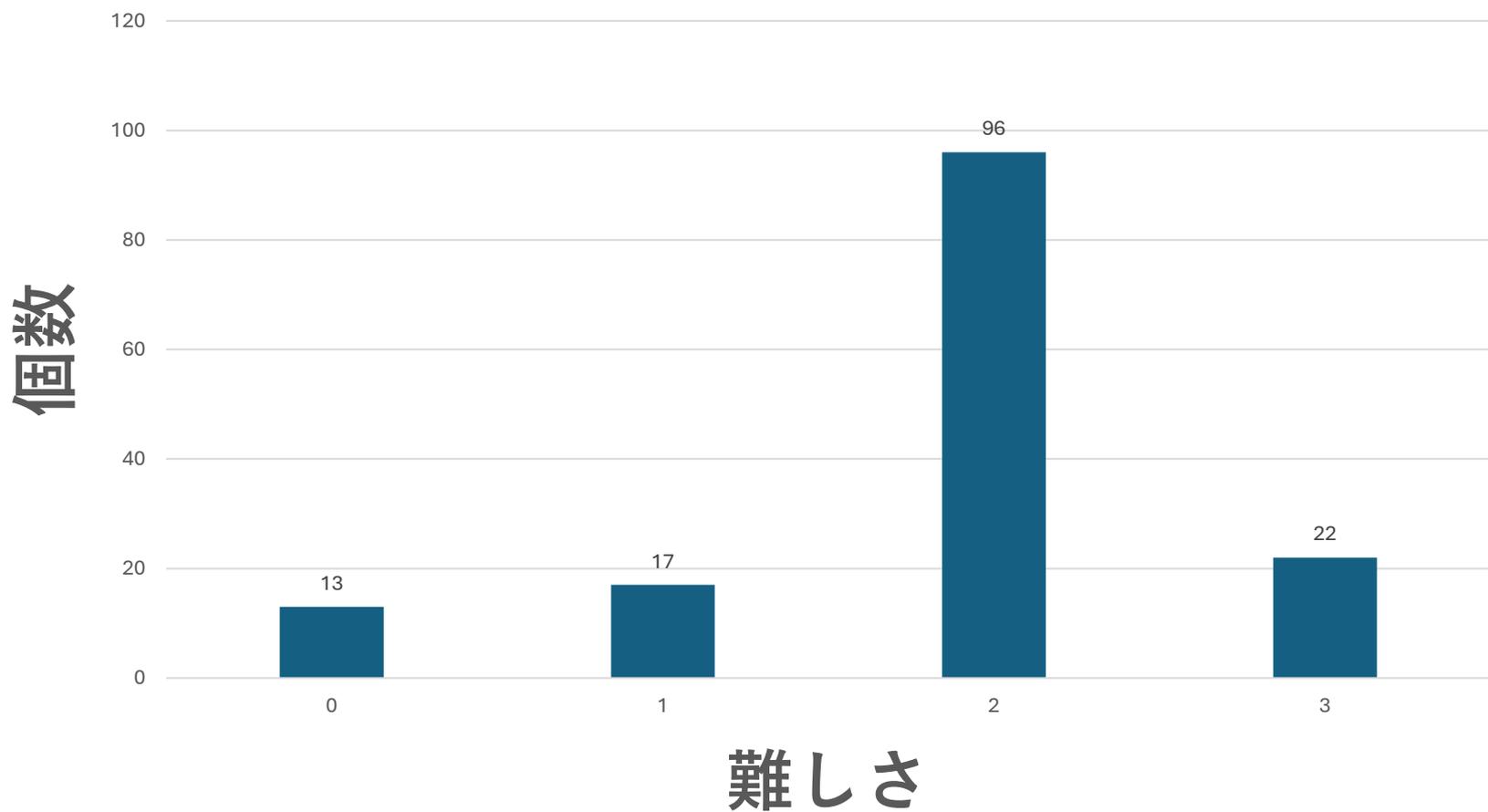


物理

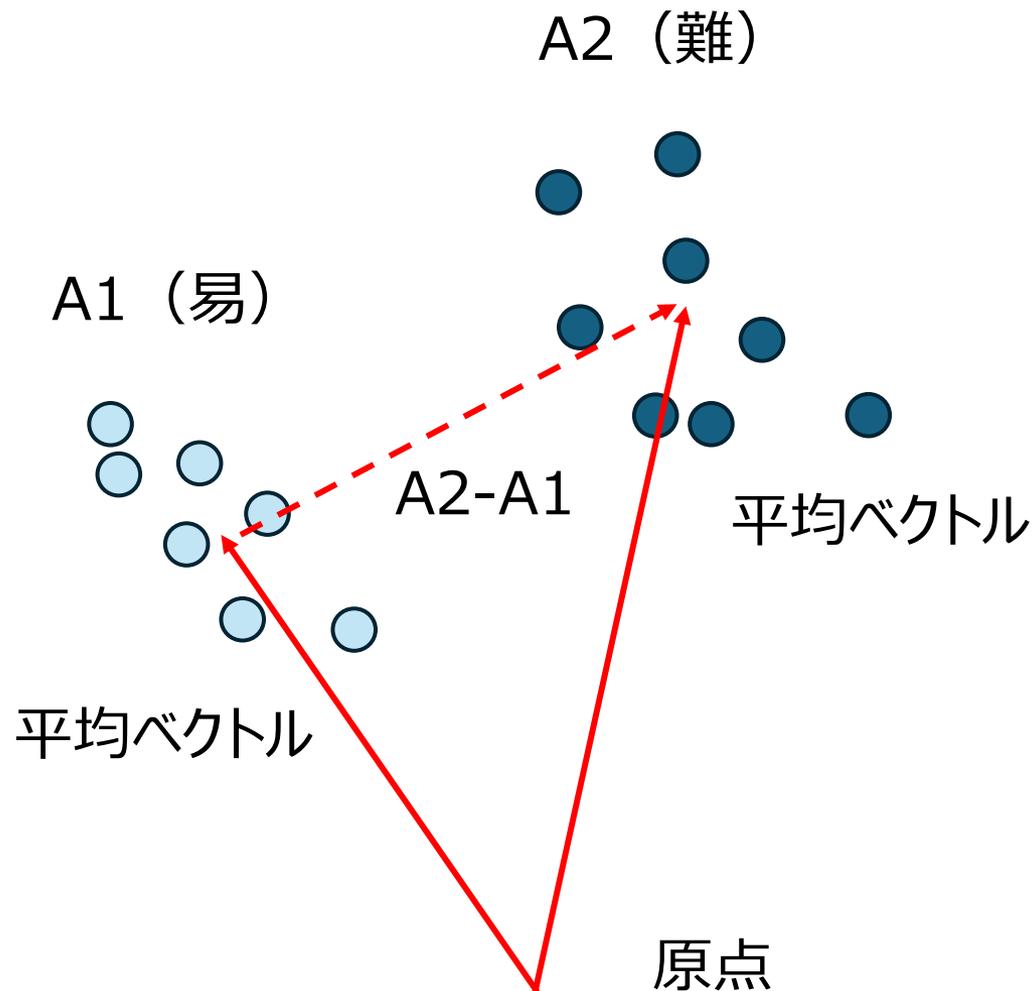


# 難度 (生物)

難しさのそれぞれの個数



# 教育錘モデル [江原, WI2 2024, NL262, NL263] 「難しくする方向」の導出



A2-A1は、テキストを「難しくする方向」と考えられる

この方向が埋め込み空間上でA1→A2の順に点が並んで見える方向を探す最適化問題の解になっている

[NL263]

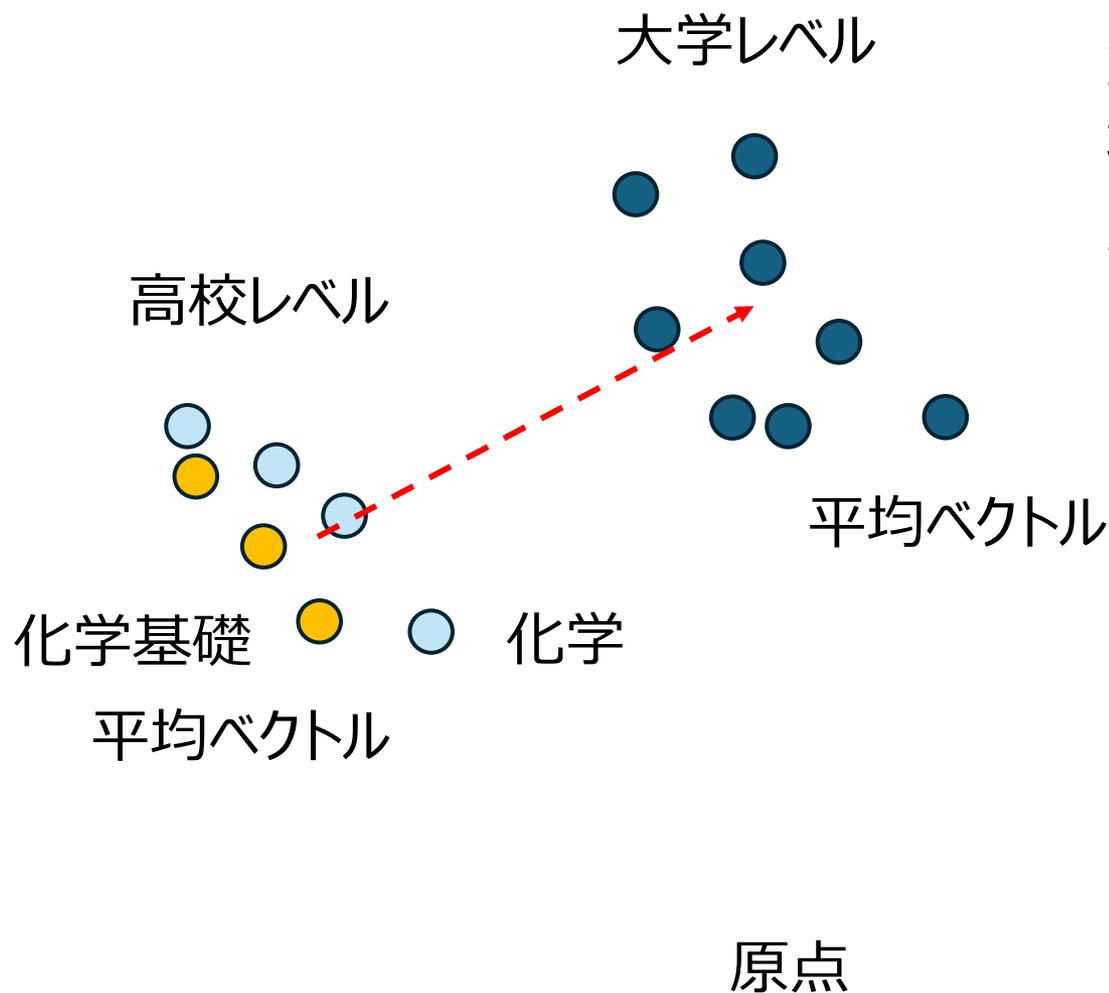
# 手法

**multilingual-e5-small**

384次元

意味が近いベクトルが  
近くなるように

384次元空間上に  
配置される



レベルに差がある  
問題文の組があれば  
矢印ができる

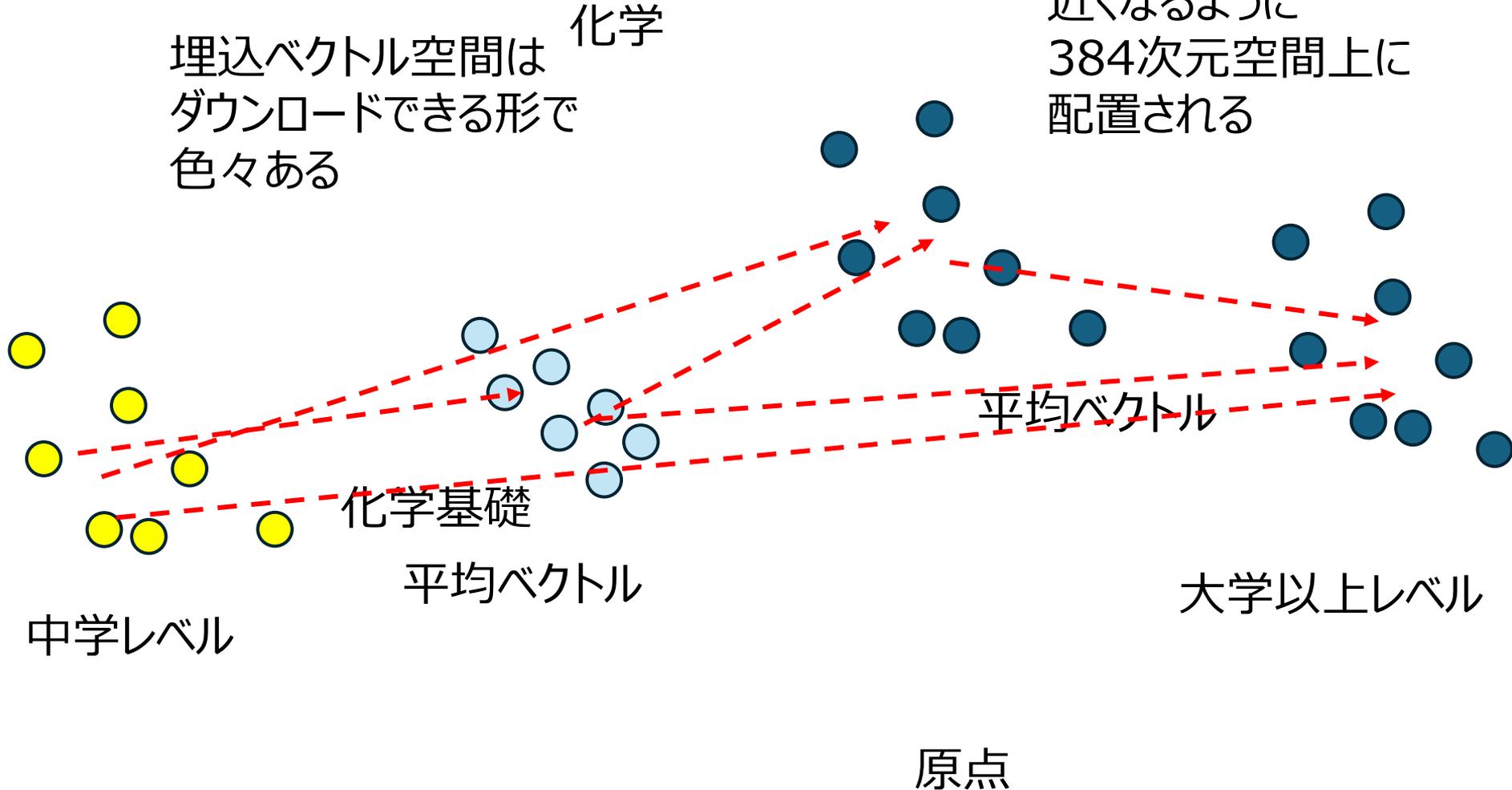
0,1,2,3

4段階  $4C2 = 6$

レベルに差がある組が  
6通りある

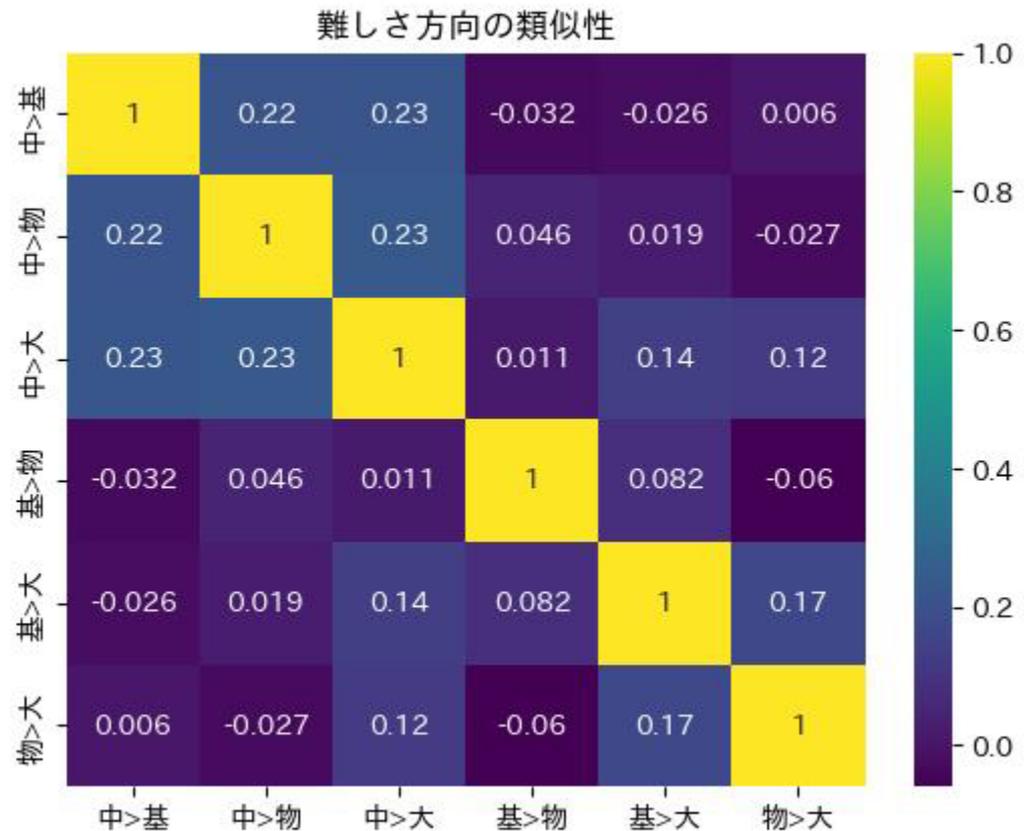
384次元  
意味が近いベクトルが  
近くなるように  
384次元空間上に  
配置される

埋込ベクトル空間は  
ダウンロードできる形で  
色々ある



# 埋め込みベクトルの方向(物理)

- 物理
- 教師なし Spearman's r: -0.034, p=0.814
- 教師あり  
訓練データ 結果  
 中学以下 -> 基礎物理  
 Spearman's r: -0.202, p=0.158  
 中学以下 -> 物理  
 Spearman's r: 0.062, p=0.667  
 中学以下 -> 大学以上  
 Spearman's r: -0.133, p=0.357  
 基礎物理 -> 物理  
 Spearman's r: 0.227, p=0.112  
 基礎物理 -> 大学以上  
 Spearman's r: -0.029, p=0.839  
 物理 -> 大学以上  
 Spearman's r: -0.281, p=0.048



# 埋め込みベクトルの方向(化学)

データ数:100

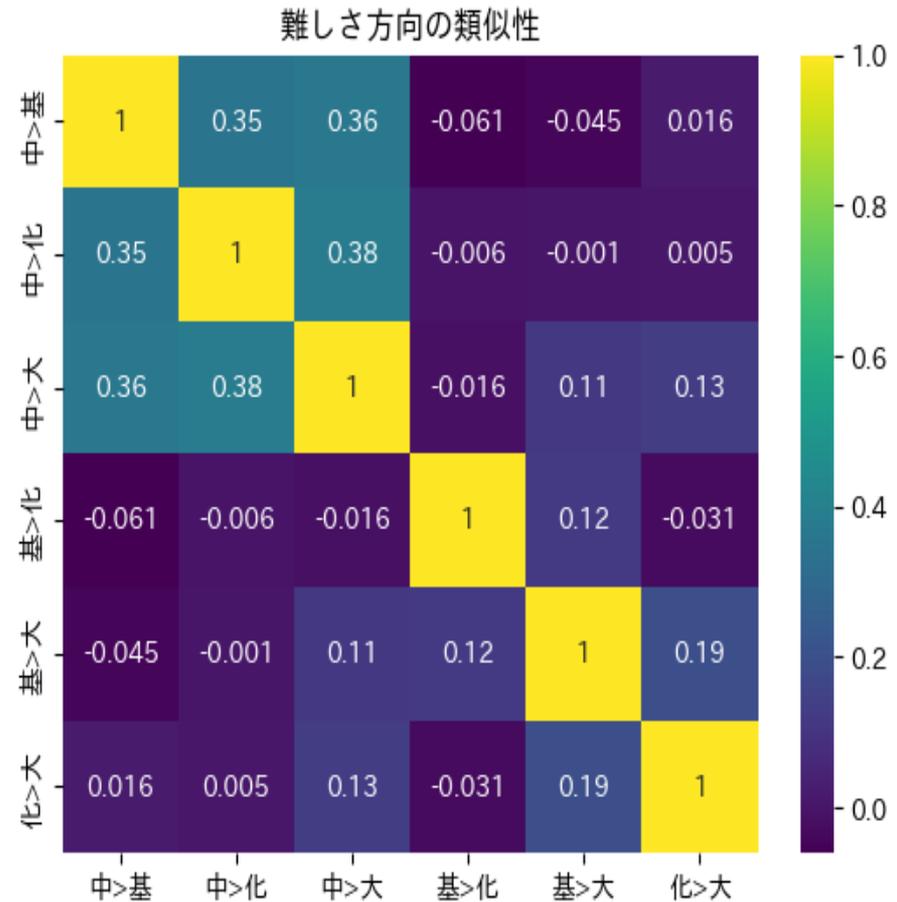
教師なし <結果①> Spearman's r: -0.066, p=0.646

教師あり

<訓練データ>

<結果②>

1. 中学以下 -> 化学基礎 Spearman's r: -0.192, p=0.181
2. 中学以下 -> 化学 Spearman's r: 0.003, p=0.984
3. 中学以下 -> 大学以上 Spearman's r: 0.043, p=0.766
4. 化学基礎 -> 化学 Spearman's r: 0.323, p=0.022
5. 化学基礎 -> 大学以上 Spearman's r: 0.375, p<0.01
6. 化学 -> 大学以上 Spearman's r: 0.162, p=0.260



# 埋め込みベクトルの方向(生物)

- 教師なし Spearman's r: 0.051, p=0.727

- 教師あり

訓練データ                      結果

中学以下 -> 基礎生物	Spearman's r: 0.124, p=0.390
中学以下 -> 生物	Spearman's r: 0.299, p=0.035
中学以下 -> 大学以上	Spearman's r: 0.089, p=0.539
基礎生物 -> 生物	Spearman's r: 0.155, p=0.284
基礎生物 -> 大学以上	Spearman's r: -0.104, p=0.470
生物 -> 大学以上	Spearman's r: -0.292, p=0.040

図2

