夏の電脳甲子園

Summer Challenge
for highschool students

スーパーコンピューティング・コンテスト
SuperComputing Contest

SuperCon

Osamu Watanabe 渡辺　治
School of Computing 情報理工学院
Tokyo Inst. of Tech. 東京工業大学

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

Programming contest
for highschool students
高校生・高専生のための
プログラミングコンテスト

経緯 brief history

since 1995

- 1st one was held in 1995.
- It has been held every summer.

23rd 2017

- Since 2006, the contest has been held in both Tokyo Tech. and Osaka Univ.

東京工業大学 Tokyo Institute of Technology

学術国際情報センター GSIC

大阪大学 OSAKA UNIVERSITY

SMC サイバーメディアセンター

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

実施法 contest schedule Eg., from SuperCon'16

1. 予選 Preliminary　June 2nd ～ 17th

- Form a team consisting of 2 or 3 students from the same highschool.
- Make a program in C (or C++, from 2017) for solving a given problem and send its source code to the *sc16ex* committee.
- The committee selects *20 teams*, roughly

  10 teams for coming to Tokyo Tech. and
  10 teams for coming to Osaka Univ.

  based on the performance of their submitted programs on some test data set.

東京工業大学 Tokyo Institute of Technology　大阪大学 OSAKA UNIVERSITY

学術国際情報センター GSIC　SMC サイバーメディアセンター

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

実施法 contest schedule Eg., from SuperCon'16

2. 本選 Final　Aug. 22nd ～ 25th (0.5+2+0.5days)

- Make a program in C (or C++, from 2017) for solving a given problem on a supercomputer system.
- Ranking is determined based on the quality of their solutions and the efficiency of their programs.

学会賞
by 電子情報通信学会
＆情報処理学会

TSUBAME2.5

SX-ACE

東京工業大学 Tokyo Institute of Technology

大阪大学 OSAKA UNIVERSITY

学術国際情報センター GSIC

SMC サイバーメディアセンター

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

勝つためには　Key to win

Use the power of a given supercomputer system as much as possible!

TSUBAME2.5

東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

学術国際情報センター GSIC

SX-ACE

大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

SMC サイバーメディアセンター

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

勝つためには　Key to win

Use the power of a given supercomputer system as much as possible!

TSUBAME2.5 (2016)

one node

12CPU & 2 GPU

東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

学術国際情報センター GSIC

SX-ACE (2017)

one node

4CPU & vector proc.

大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

SMC サイバーメディアセンター

K20X GPU

- Comp. speed: 1.31 TFlops (double precision), 3.95 TFlops (single)
  - 近年のCPUは20～100GFlops程度なので、10倍以上高速
- # of cores:
  - 14SMX x 192CUDA cores = 2688CUDA cores
- Memory size: 6GB shared memory
  - 2688コアが、デバイスメモリと呼ばれる、6GBのメモリを共有している
  - CPU側のメインメモリとは別
- メモリバンド幅: 約250 GB/s
  - CPUは10～50GB/s程度
- その他の特徴
  - キャッシュメモリ (L1, L2)
  - ECC
  - CUDA, OpenAcc, OpenCLなどでプログラミング

以前のGPUにはキャッシュメモリが無かったので、高速なプログラム作成がより大変だった

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

勝つためには　Key to win

Use the power of a given supercomputer system as much as possible!

reality

根性！
Tough sprits!

SX-ACE (2017)

one node

12CPU & 2 G

CPU & vector proc.

東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

学術国際情報センター GSIC

大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

SMC サイバーメディアセンター

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

実施法 contest schedule Eg., from SuperCon'16

day1　morning: opening
afternoon: tutorials (13:00 ～ 15:00)
- problem
- programming env.
- supercomputer programming

programming (16:00 ～ 20:00)

day2&3　programming (9:00 ～ 20:00)

day4　programming (9:00 ～ 12:00)

execution trial (13:00 ～ 14:00)

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

from contest rules

2016/08/22-26　スーパーコン16　3

チューター

- 助言してくれる大学生・大学院生
- 聞いて良いこと
  - 計算機環境・TSUBAMEの使い方，デバッグの方法
- 聞いても答えてもらえないこと
  - 本選問題の解法そのもの
- いる時間帯（概ね，常時5名）
  - 17日（月）13時半～20時
  - 18日（火）9時～20時
  - 19日（水）9時～20時
  - 20日（木）9時～12時，15時～17時　（15時～17時はインタビュー手伝い）

スーパーコン16　4

い

はダメ

はダメ

持ち込む）のはOK

インノードとローカル端末で

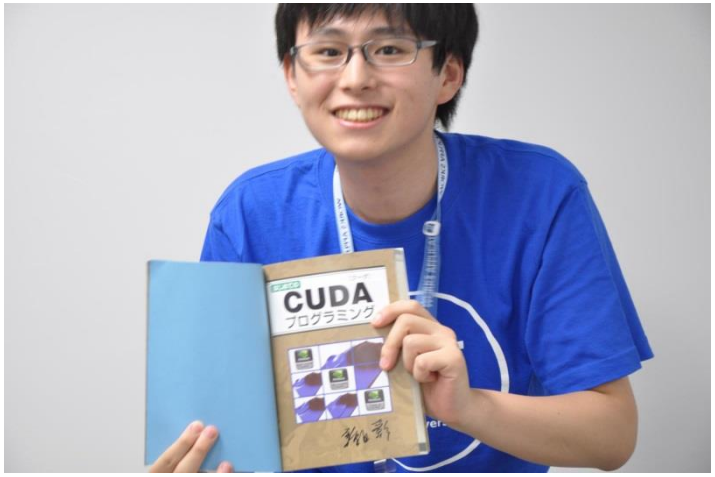
ログインノード上）

- 使用して良いエディタ（ローカル端末）
  - Emacs，Vi (Vim)，Mi，テキストエディット

EclipseやXCodeなどのIDEは使用禁止

1. コンテストの概要　　What is SuperCon?

photos from the past contests



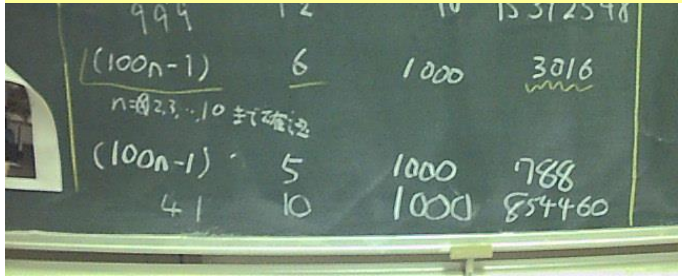
1. コンテストの概要　　What is SuperCon?

photos from the past contests

休憩時間
（義務）

1. コンテストの概要　What is SuperCon?

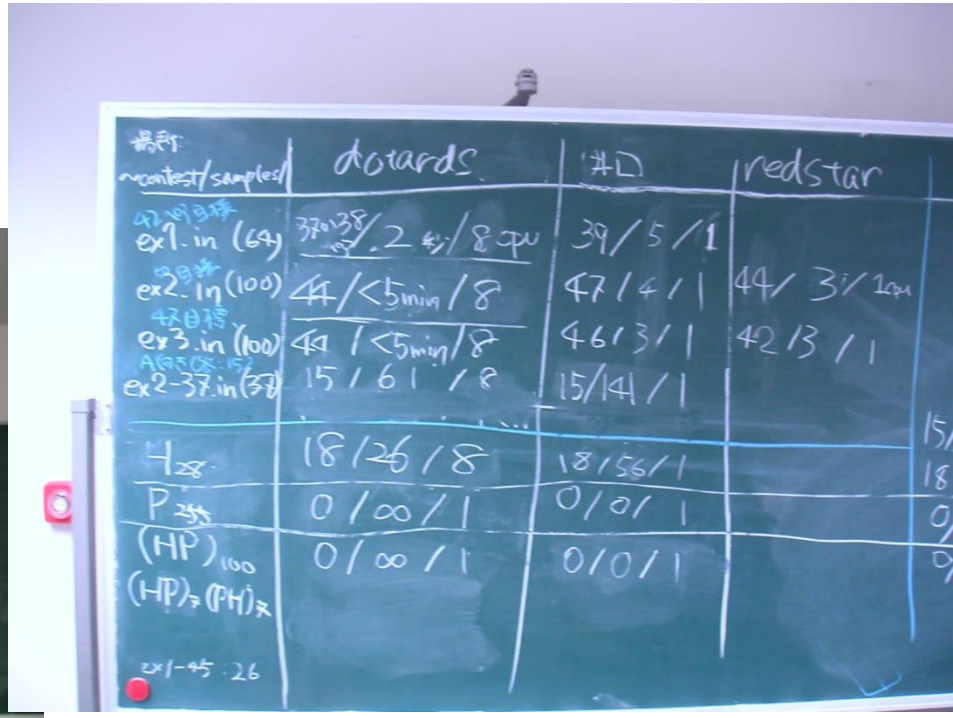
photos from the past contests



SuperCon99

電子掲示板

黒板競争 ⇒ コンテスト Wiki



SuperCon02

SuperCon01

2. コンテストの特徴　Special Features

- マラソン型コンテスト　vs　短距走型

  Marathon type contest

  - one problem
  - programming about three days
  - not only correctness but also high performance is requested

  - contestants can learn something
    e.g., CUDA programming, etc.

情報五輪 IOI
ICPC

- チームで参加　vs　個人競技

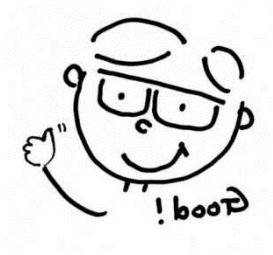
  Must form a team for participation

  - communications with other team members

2. コンテストの特徴　Special Features

・Good problems

photos from the past contests



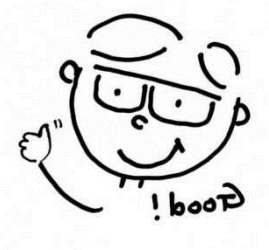
preliminary　　final

	予選課題	本選課題
95	2つの自然対数	石選び問題
96	π の自然対数	カフェテリア問題
97	つじつま合わせ	三角形ビリヤードの周期軌道探索
98	3次元方程式	板詰め問題
99	オイラー定数	ライフゲーム・絶滅しない初期値
00	格子上配管問題	道路網建設大作戦
01	連鎖行列式	N体問題
02	漸化式の解	タンパク質の格子構造予測
03	最長連鎖探索	最大タンパク質ファミリーの探索
04	スーパーコン数	暗号画像の解読
05	最長繰り返し区間	スポーツスケジューリング
06	最短矩形閉路問題	計算機ネットワーク設計問題
07	コイン枚数最小化	星域管理基地配置問題
08	単純多角形の面積	最小面積単純多角形問題

2. コンテストの特徴　Special Features

・Good problems

photos from the past contests



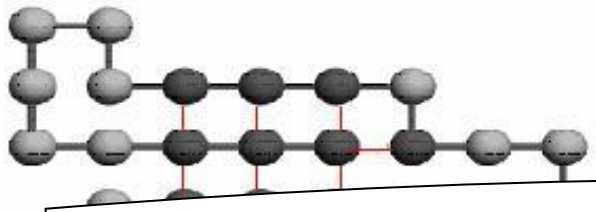
	preliminary		final
09	多区間和領域の面積		恒星写真探索問題
10	レンガ敷き詰め		レンガ敷き詰め問題
11	格子グラフ最短経路		ナクロン
12	変形ナップザック問題		非出会い系最長乗車パターン
13	環状すごろく		宇宙の起源探索問題
14	格子上最長経路計算		変形テトリス
15	ファミレス配置問題		化学振動のパターン探索
16	虫食い魔法陣		でっかい小さなグラフ設計問題
17	クセ無し種合成問題		オーディオデータの近似圧縮

from Graph Golf

3. コンテスト本選課題から
some example final problems

2002: 格子配置基底問題

Protein structure prediction

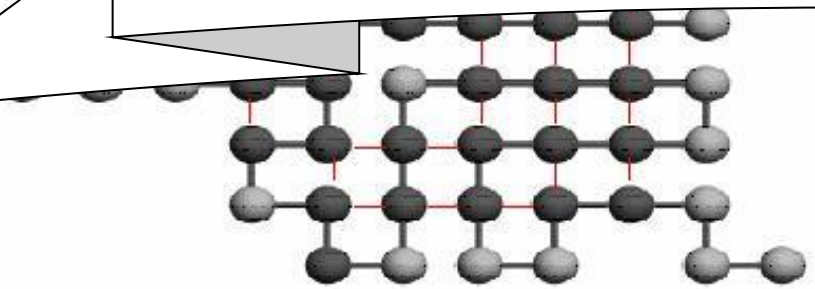


KCKAAVLWEVKKPFSIEDVEVAPPKAYEVRIKMVAVGI
CHTDDHVVSGNLVTPLPVILGHEAAGIVESVGEGVTTV
KPGDKVIPLFTPQCGKCRVCKNPESNYCLKNDLGNPR
GTLQDGTRRFTCRGKPIHHFLGTSTFSQYTVVDENAVA

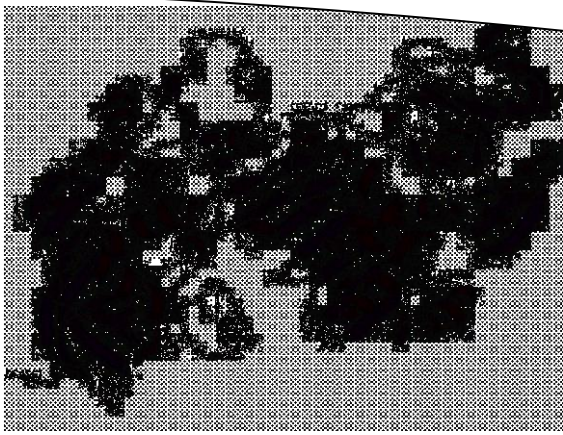
優勝は熊谷西校 RedStar: score 47 を 1sec で

Cf. score 50 by DEC 21164A, 50 hours

Physical Review, 1999.8. Kikuchi et al.



P3H2P2H4P2H3PH23H2P8H6P2H6P
9HPH2PH11P2H3PH2PHP2HPH3P6H3

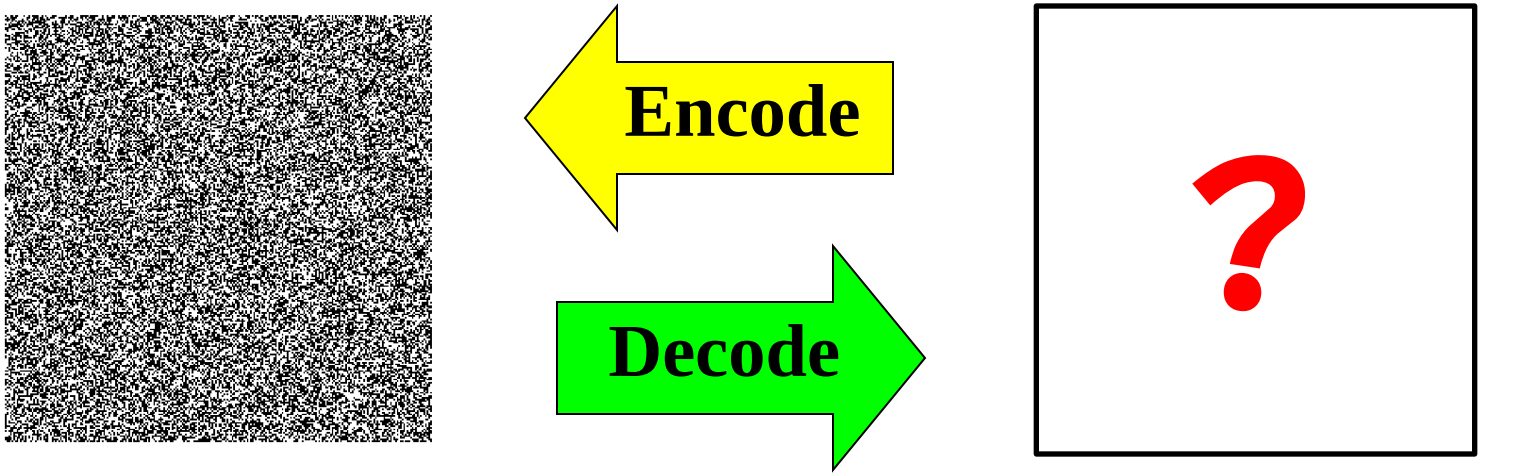


3. コンテスト本選課題から
some example final problems

<u>2004: 暗号化画素解読</u>

encrypted pixel analysis

Min. Asian Contest
for 10th anniversary



256×256 pixels

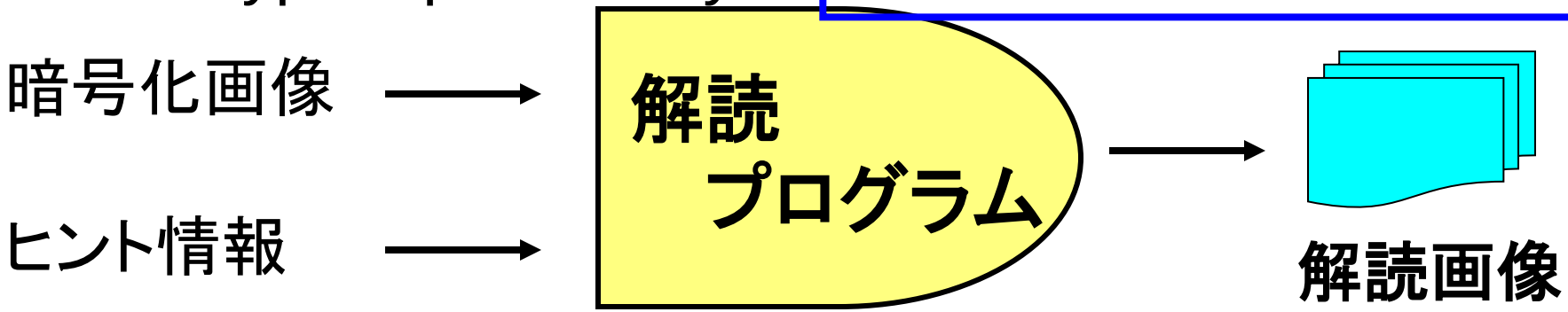
- RSA 暗号方式を利用
- ピクセル（pixel）ごとに暗号化
- ヒントとなる情報も

3. コンテスト本選課題から
some example final problems

Min. Asian Contest
for 10th anniversary

2004: 暗号化画素解読

encrypted pixel analysis



- **制限時間 3 分間** 3min. time limit
- **何度出力しても OK** multiple outputs (last one is used)
- **正解率で順位を決める**

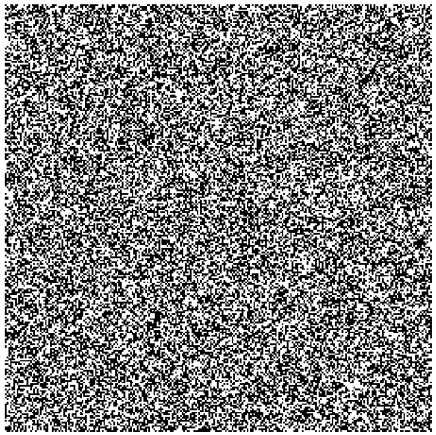
  precision = # of correctly decoded pixels

3. コンテスト本選課題から
some example final problems

2004: 暗号化画素解読

encrypted pixel analysis

Min. Asian Contest
for 10th anniversary



Encode

Decode

256×256 pixels

1位:	麻布高校	99. 92%
2位:	中華人民共和国選抜チーム	99. 81%
3位:	浅野高校	82. 60%

3. コンテスト本選課題から
some example final problems

2013: 宇宙の起源を探れ the origin of the universe!

スーパーコン研究所の世界的に超著名な研究グループによる，ビッグバン直後の宇宙の状態解明を手助けしよう！

スーパーコン研究所のK博士とG博士は，初期宇宙の粒子の動きに関する GK理論 を提唱し，ビッグバン直後の宇宙状態の候補を K 種類予想した．

G博士

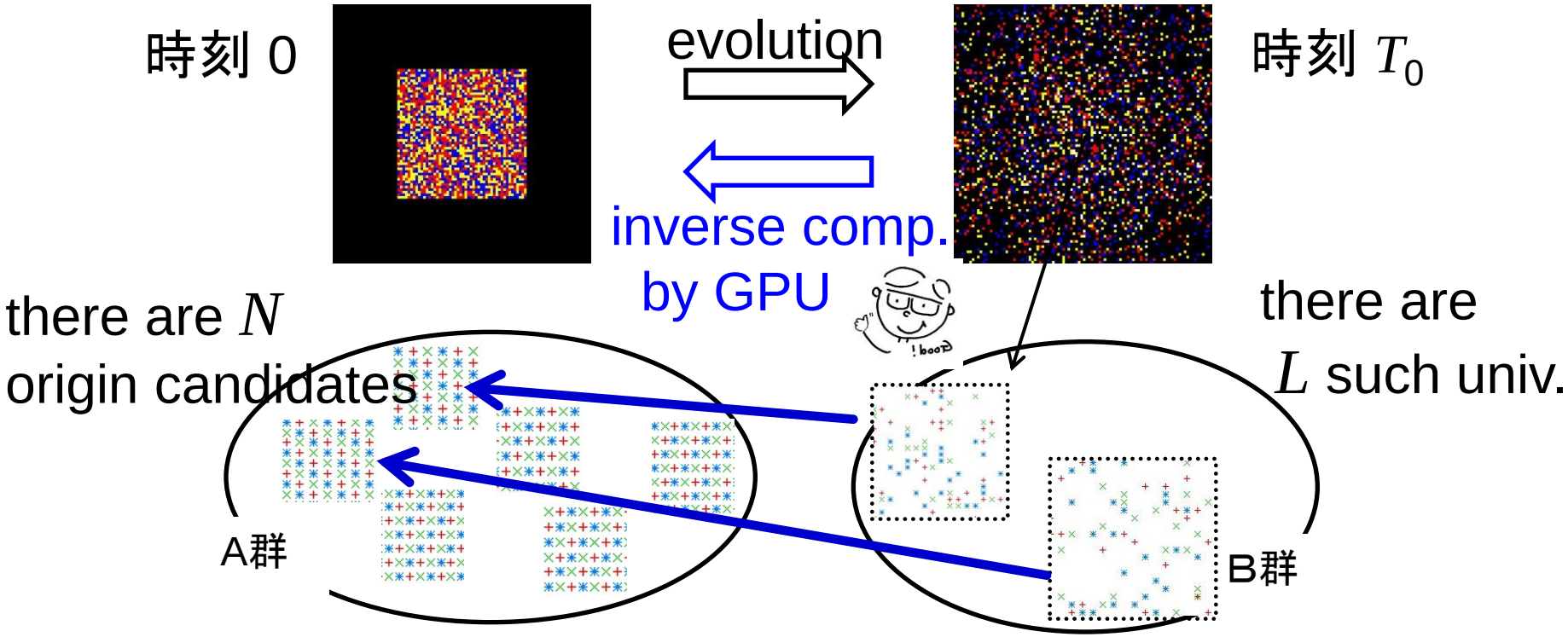
K博士

一方，E博士は，ビッグバン直後から約 T 宇宙秒後の宇宙状態を L 種類に絞り込んだ．GK理論で時間を遡り，K 種類を L 種類に絞り込めれば，研究はまた大きく進展するのだが．．．

E博士

3. コンテスト本選課題から
some example final problems

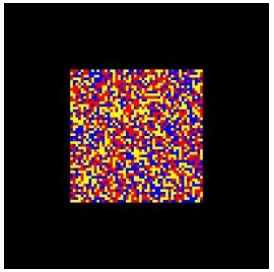
<u>2013: 宇宙の起源を探れ</u> the origin of the universe!



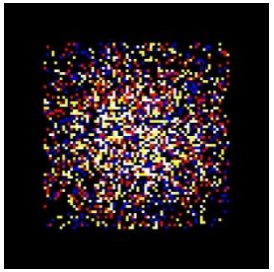
Identify origins corresponding to L univ.s

$N >> L$

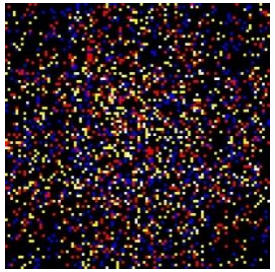
我々の想定：
T時間の遡りが必要



⇦



⇦…



付録：衝突に関する遷移ルール

id	leng	pattern	next
4	1	4	0
5	1	5	1
6	1	6	2
7	1	7	3
8	2	01	54
9	2	02	64
10	2	03	74
11	2	04	04
12	2	05	14
13	2	06	24
14	2	07	34

id	leng	pattern	next
68	3	147	30
69	3		
70	3		
71	3		
72	3		
73	3		
74	3		
75	3		
76	3		
77	3		
78	3		

id	leng	pattern	next
32	4	1246	5206
33	4	1247	0653
142	4	1367	2357

GK表の性質を詳細解析された！

どんなパターンの衝突をしても、向きを無視した運動量は保存される

A群とB群全ての不変量を求め、一致判定に利用
候補が複数見つかったらT時間シミュレート

⇒ 今回の審査問題では、非常にうまくはまった

参りました

スーパーコン１６
Supercomputing Contest 2016

本選課題説明

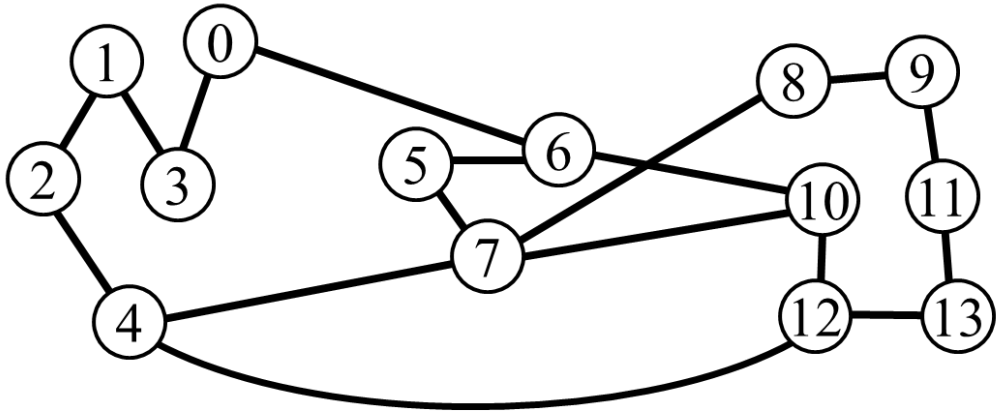
今年の課題は. . .

でっかい小さなグラフ設計問題

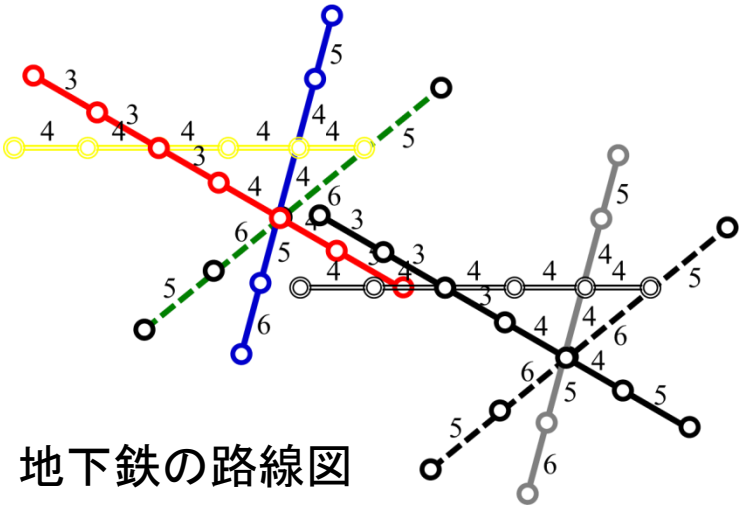
Huge and small graph design

計算仙人
comp. wizard

グラフとは
頂点と辺からなる図形のこと

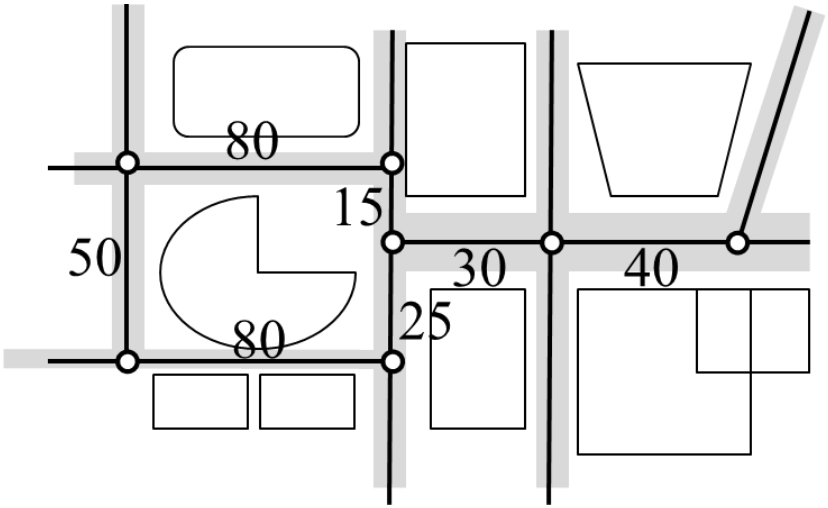


グラフは様々な情報を表現するのに用いられる



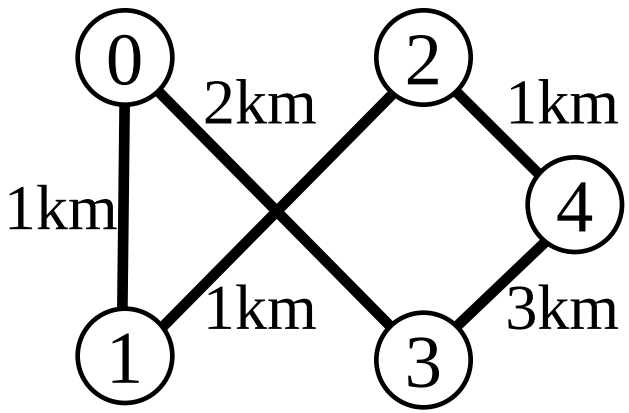
地下鉄の路線図

道路の模式図



今回は距離付きグラフを対象とし，その
総最短経路長 ASPL (All Shortest Path Length) を考える

距離付きグラフの例



	0	1	2	3	4
0	0	1	2	2	3
1	1	0	2	3	2
2	2	2	0	4	1
3	2	3	4	0	3
4	3	2	1	3	0

最短経路長の行列表現

頂点 0 から 4 への経路は

経路A: 0 → 3 → 4　　距離 5km
経路B: 0 → 1 → 2 → 4　距離 3km

などがあるが，経路Bが最短経路

全頂点間の最短経路長は

0 →→ 1 : 1km　　1 →→ 3 : 3km
0 →→ 2 : 2km　　1 →→ 4 : 2km
0 →→ 3 : 2km　　2 →→ 3 : 4km
0 →→ 4 : 3km　　2 →→ 4 : 1km
1 →→ 2 : 2km　　4 →→ 4 : 3km

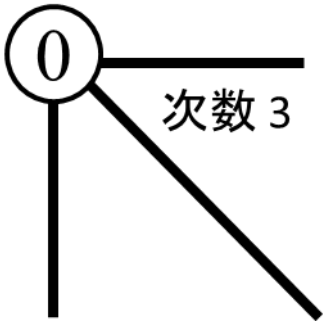
総最短経路長 ASPL は 23km

でっかい小さなグラフ設計問題

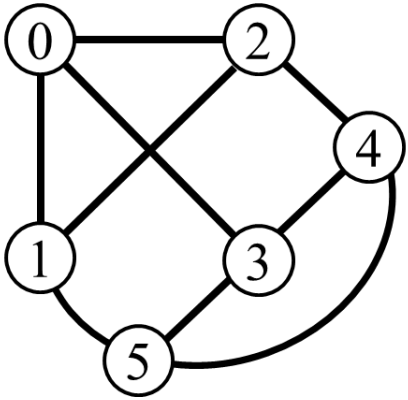
与えられた「グラフ条件」を満たすグラフで総最短経路長 ASPL が小さくなるようなグラフを設計せよ

グラフ条件

(1) 頂点数 n　次数 d　の単純正則グラフ



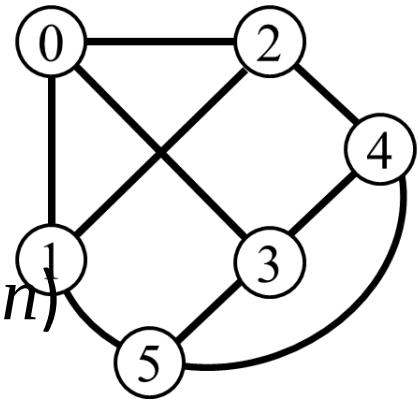
3 正則グラフの例



でっかい小さなグラフ設計問題

与えられた「グラフ条件」を満たすグラフで総最短経路長 ASPL が小さくなるようなグラフを設計せよ

3 正則グラフの例



Graph condition

(1) # of nodes n degree d regular

(2) # of colors C

# of each colored nodes $n_0, \ldots, n_{C-1}$ (total n)

dist. of edge of each colored node pair $w_{i,j,}$
$(0 \leqq i, j \leqq C-1)$ if an edge exists

graph cond. example

$n = 14 \quad d = 3$

$C = 3$

$n_0 = 5,\ n_1 = 3,\ n_2 = 6$

$w_{00} = 1,\ w_{01} = 2$

$w_{02} = 9,\ w_{11} = 3$

$w_{12} = 3,\ w_{22} = 1$

色	0	1	2
0	1	2	9
1	2	3	3
2	9	3	1

グラフ条件の例

$n = 14 \quad d = 3$

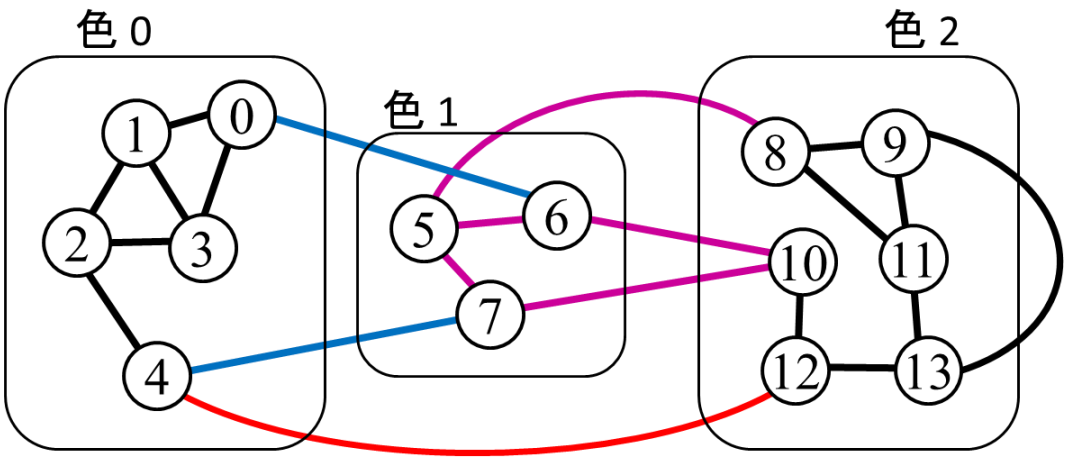
$C = 3$

$n_0 = 5,\ n_1 = 3,\ n_2 = 6$

色間距離

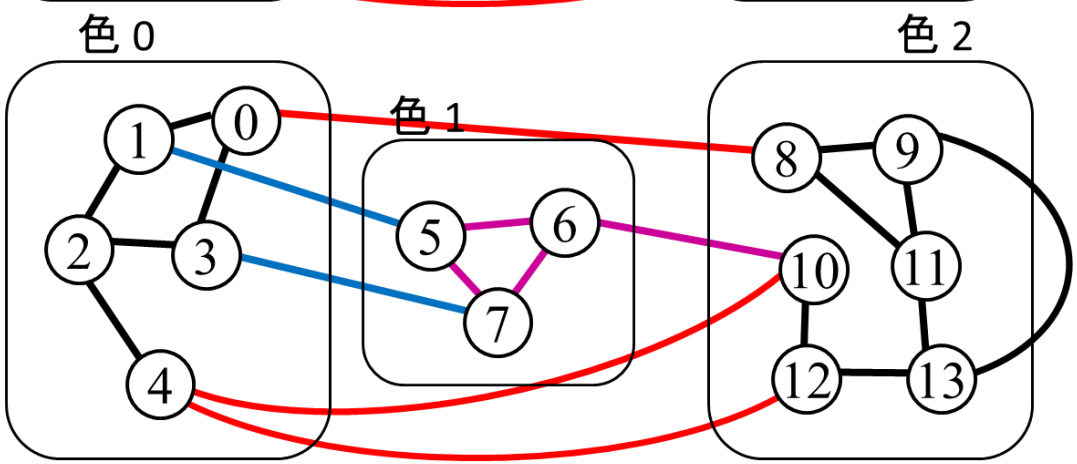
色	0	1	2
0	1	2	9
1	2	3	3
2	9	3	1

たとえば，2 →→ 12 を考えると



2 → 4 → 7 → 10 → 12 の経路で，距離 7

2 → 4 → 12 の経路で，距離 10



2 → 3 → 7 → 6 → 10 → 12 の経路で，距離 10

このグラフ条件を満たすグラフの例

Graph condition e.g.

$n = 14 \quad d = 3$

$C = 3$

$n_0 = 5,\ n_1 = 3,\ n_2 = 6$

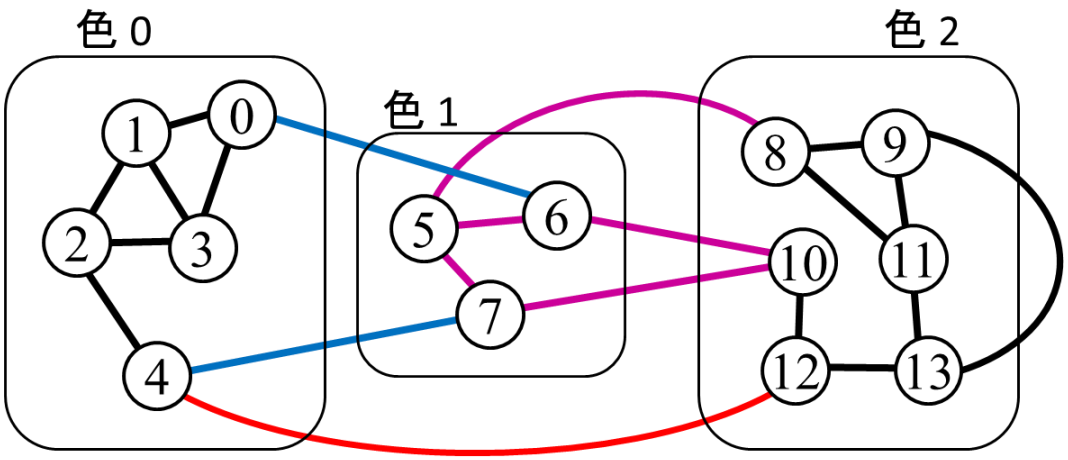
色	0	1	2
0	1	2	9
1	2	3	3
2	9	3	1

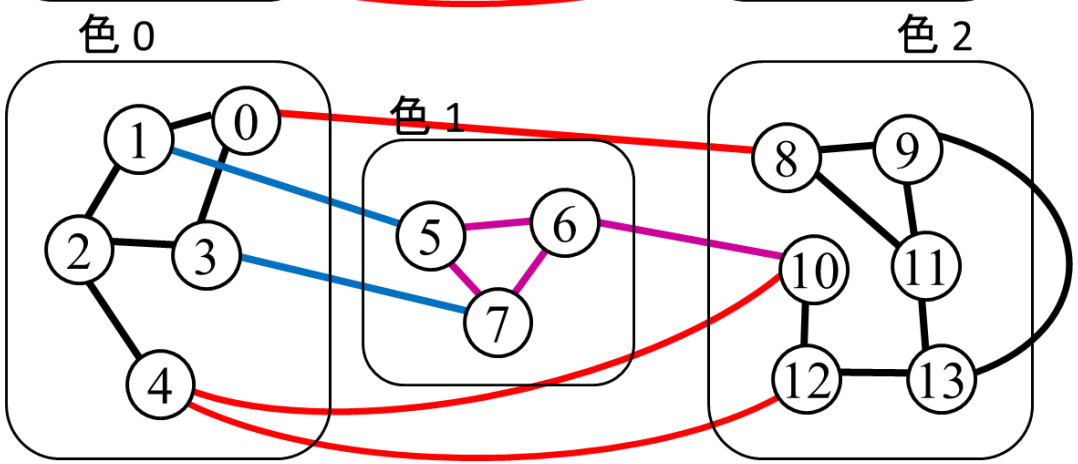
dist. of an edge between each colored node pair

全頂点間で調べると

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	1	2	1	3	5	2	5	8	8	5	8	6	7
1		0	1	1	2	6	3	4	9	9	6	9	7	8
2			0	1	1	6	4	3	9	9	6	9	7	8
3				0	2	6	3	4	9	9	6	9	7	8
4					0	5	5	2	8	8	5	8	6	7
5						0	3	3	3	4	6	4	6	5
6							0	6	6	6	3	6	4	5
7								0	6	6	3	6	4	5
8									0	1	4	1	3	2
9										0	3	1	2	1
10											0	3	1	2
11												0	2	1
12													0	1
13														0

ASPL = 434





	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	1	2	1	3	3	6	3	9	10	9	10	10	11
1		0	1	2	2	2	5	4	10	11	8	11	9	10
2			0	1	1	3	6	3	11	12	9	12	10	11
3				0	2	4	5	2	10	11	8	11	9	10
4					0	4	7	4	12	11	9	11	9	10
5						0	3	3	10	9	6	9	7	8
6							0	3	7	6	3	6	4	5
7								0	1	9	6	9	7	8
8									0	1	4	1	3	2
9										0	3	1	2	1
10											0	3	1	2
11												0	2	1
12													0	1
13														0

ASPL = 547

このグラフ条件を満たすグラフの例

でっかい小さなグラフ設計問題

入力として与えられる以下のグラフの条件パラメータに対し，総最短経路長（ASPL）が~~最小と~~より小さな単純無向正則グラフを求めよ.

理想じゃ

計算仙人

グラフ条件

頂点数 n　次数 d　色数 C

各色の頂点数 $n_0, n_2, \ldots, n_{C-1}$（合計 n）

色間距離 $w_{i,j,}$（$0 \leqq i, j \leqq C-1$）

グラフ条件の例

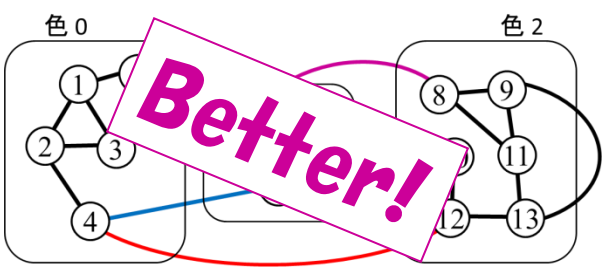
$n = 14$　$d = 3$

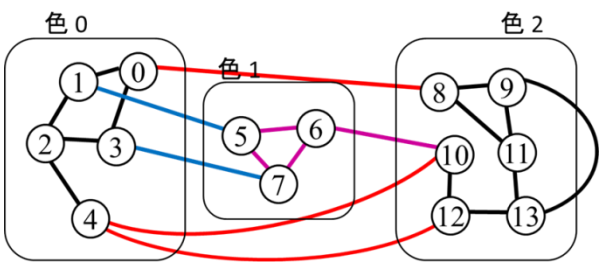
$C = 3$

$n_0 = 5,\ n_1 = 3,\ n_2 = 6$

色	0	1	2
0	1	2	9
1	2	3	3
2	9	3	1

両方とも正しい答え





ASPL　434 ≦ 547

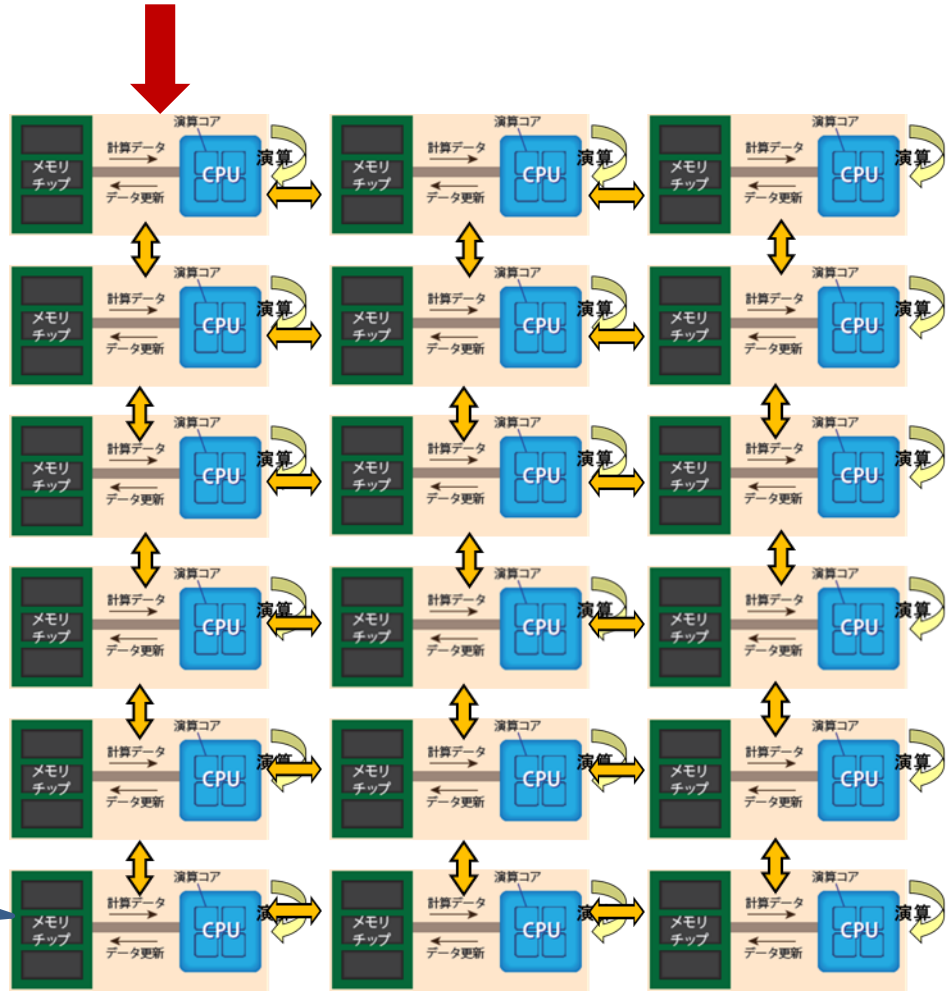
問題の背景

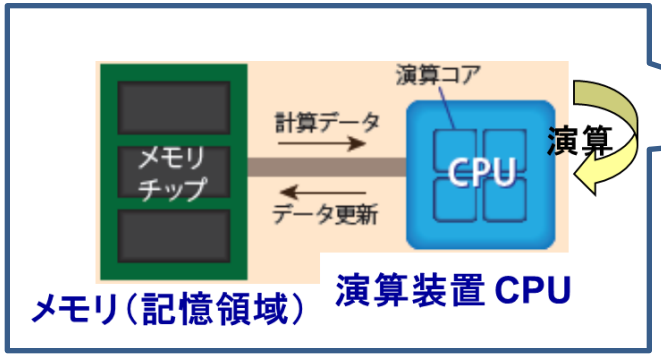
ASPL が小さい＝グラフの平均直径が小さい
そのようなグラフはいろいろな所で重要

explanation on motivation

たとえば，スパコン

現在，多くのスパコンでは
高速化のために，大量の
計算ノードを並列で使う
システムになっている





通信経路を短くしたい !!
どうやってノード間の配線をする？

問題の背景

ASPL が小さい＝グラフの平均直径が小さい
そのようなグラフはいろいろな所で重要

explanation on motivation

たとえば，スパコン

どうやって
ノード間の配線をする？

現在，多くのスパコンでは
高速化のために，大量の
計算ノードを並列で使う
システムになっている

たとえば，スパコン京では

↓６次元トーラス構造が使われている

要するに比較的簡単な
構造の 6-正則グラフです

実は，どんな正則グラフが
最適かは数学的にわかって
いない !!??

じゃあ，コンピュータで !!

問題の背景

ASPL が小さい＝グラフの平均直径が小さい
そのようなグラフはいろいろな所で重要

でも，最適なグラフの構造は数学的に未解決

じゃあ，コンピュータで！

- **Nobutaka Shimizu, Ryo Ashida and Ryuhei Mori (Tokyo Institute of Technology)**
  received the Widest Improvem st Improvement Award

チューター：芦田氏

Talk

Certificate

Prize

昨年は東工大チームが優勝

solution
- 2016-08-02: 0 new solution

問題の背景

いろいろな頂点数 n
正則次数 d に対して
ASPL のより小さな
グラフを競う

Graph Golf

The Order/degree Problem Competition

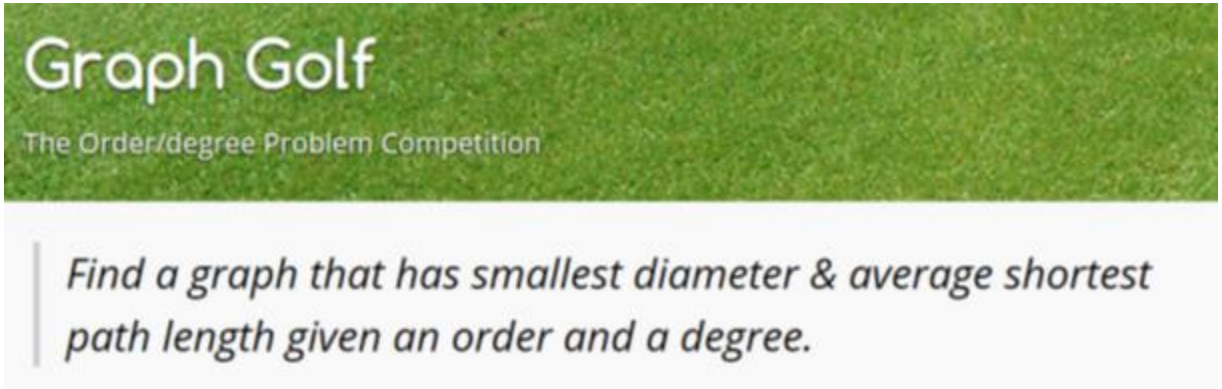
Find a graph that has smallest diame
path length given an order and a deg

n は非常に大きい，最適に近い解を競う
数か月間の競争，辺の距離は 1

Rules Ranking Submit Events Q&A About

Degree d	Order n 16	64	256	4096	10000
3	3 / 2.200 0.000%	5 / 3.770 0.211%	8 / 5.636 0.861%	13 / 9.787 2.928%	15 / 11.111 3.122%
4	3 / 1.750 0.962%[2]	4 / 2.869 0.417%	6 / 4.134 1.065%	9 / 6.753 4.373%	10 / 7.601 3.480%
16	N/A	2 / 1.746 0.000%	3 / 2.093 8.020%[2]	4 / 3.253 8.716%	5 / 3.625 1.060%
23	N/A	2 / 1.635 0.000%[1]	2 / 1.910 0.000%	4 / 2.886 0.731%	4 / 3.200 8.675%
60	N/A	2 / 1.048 0.000%[1]	2 / 1.765 0.000%[1]	3 / 2.295 8.975%	3 / 2.650 0.615%
64	N/A	N/A	2 / 1.749 [illegible]	3 / 2.242 [illegible]	3 / 2.610 [illegible]

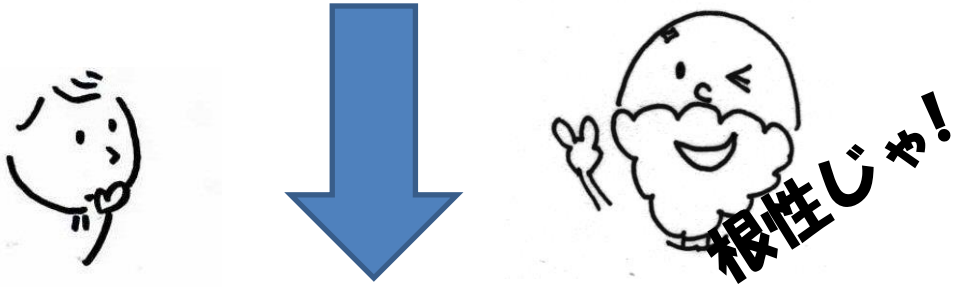
問題の背景



いろいろな頂点数 n
正則次数 d に対して
ASPL のより小さな
グラフを競う

n は非常に大きい，最適に近い解を競う
数か月間の競争，辺の距離は 1

木曜の午後に
9個の例題にチャレンジ
してもらいます



n は比較的小さい，より良い解を競う
正味2時間の競争，辺の距離は 複数

審査方法

今年は木曜の午後にガチで競います！
競技時間（2 hour trial period）内で競います！

- 小さなグラフ設計問題の 9 instances に対して競技時間内によりよいグラフを提出 submit する
- TSUBAME の 1 node and 1GPU を占有して使える
- 何回 submit してもよい．いろいろな戦略を使ってよい
  ※もちろん，大会規則範囲内で
- 競技時間内によりよい解をより多くの問題例に対して出したチームが勝ち

one problem instance

<u>グラフ条件</u>

頂点数 n　次数 d　色数 C

各色の頂点数 $n_0, n_2, \ldots, n_{C-1}$（合計 n）

色間距離 $w_{i,j,}$ $(0 \leqq i, j \leqq C-1)$

solution to be submitted

<u>設計したグラフ</u>

u_0　v_0
u_1　v_1
$\vdots$
u_{m-1}　v_{m-1}

作ったグラフの辺の両端の頂点番号

決まりはないが
$u_k < v_k$
としておいた方が安全

each team can get the
its current ranking on each instance

審査方法

今年は木曜の午後にガチで競います！
競技時間（2時間予定）内で競います！

- 小さなグラフ設計問題の9 個の問題例に対して競技時間内によりよいグラフを提出 submit する
- TSUBAME の1計算ノード，1GPU を占有して使える
- 何回 submit してもよい．いろいろな戦略を使ってよい
  ※もちろん，大会規則範囲内で
- 競技時間内によりよい解をより多くの問題例に対して出したチームが勝ち

得点

- 各問題例ごとに正解＆ ASPL の小さい順に順位を決める
- 同じ ASPL 値の解の場合には，submit 時刻の早い方が順位は上．すべて同じならば同率
- 各問題例ごとに，競技時間の終了時の順位 1 位～10 位まで，25, 18, 15, 12, 10, 8, 6, 4, 2, 1 点獲得できる
- その合計で順位を決める

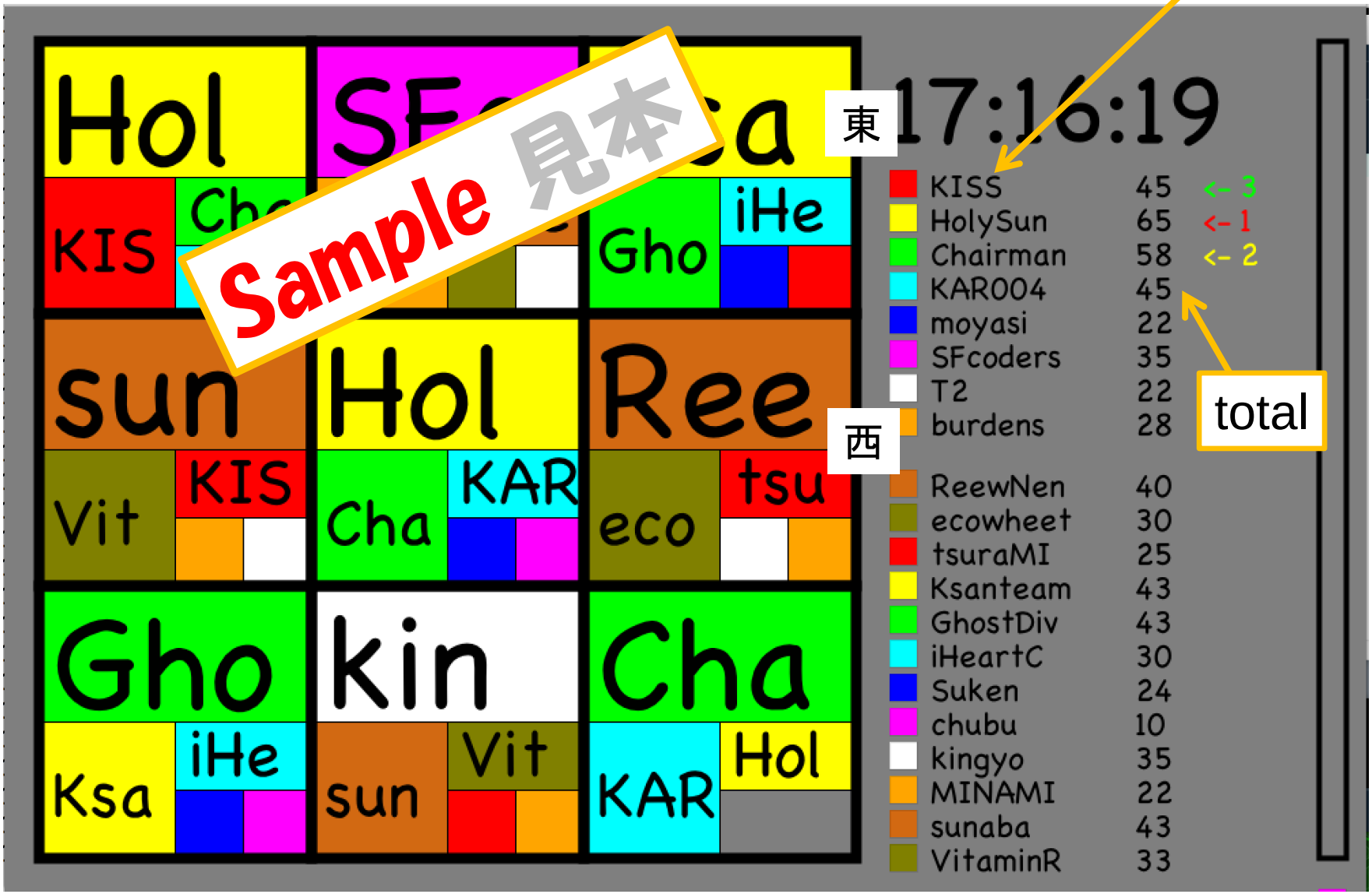
では，木曜午後に向けて！
頑張って下さい！

頑張れ!!

Challenge !!

これが競技に使った問題例です
problem instances

problem.1 n = 1024 d = 4 C = 2	problem.2 n = 512 d = 16 C = 3	problem.3 n = 1024 d = 8 C = 3
problem.4 n = 2048 d = 4 C = 3	problem.5 n = 2048 d = 8 C = 3	problem.6 n = 2048 d = 16 C = 3
problem.7 n = 512 d = 4 C = 2	problem.8 n = 512 d = 8 C = 3	problem.9 n = 1024 d = 16 C = 3

And... the results are !?

2min. annimation