

Poisson Disk Samplingを用いた  
Point Net++高速化の試み

谷研究室

5420073 島倉幹

# 目次

## 1. はじめに

1.1 点群とは

1.2 演習概要

## 2. Point Net++

2.1 Point Net

2.2 Point Net++

## 3. サンプリング手法

3.1 Farthest Point Sampling

3.2 Poisson Disk Sampling

## 4. 演習

4.1 提案手法

4.2 演習方法

4.3 評価方法

4.4 演習結果

## 5. おわり

5.1 考察

5.2 今後の課題

# 1.1 点群とは

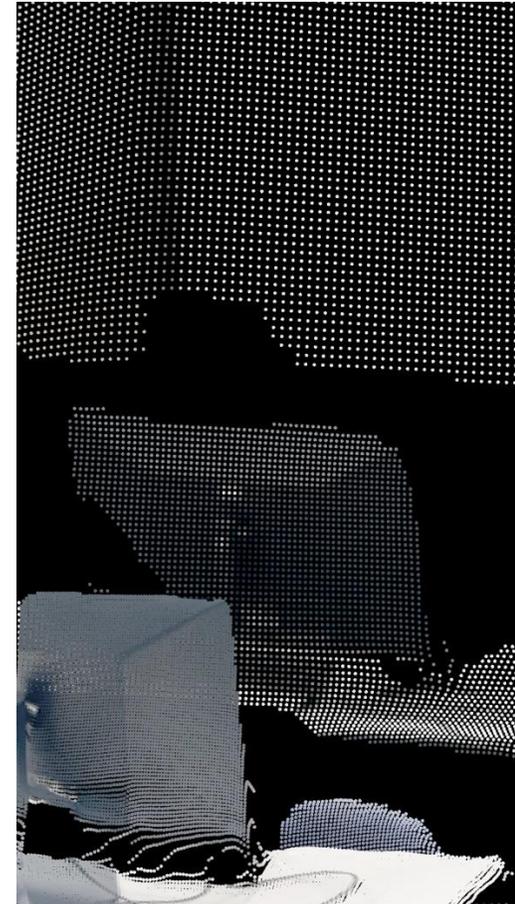
点群とは点の集合

各点の情報

3次元座標  $(X, Y, Z)$

座標以外の情報を持つこともある

e.g.)色情報

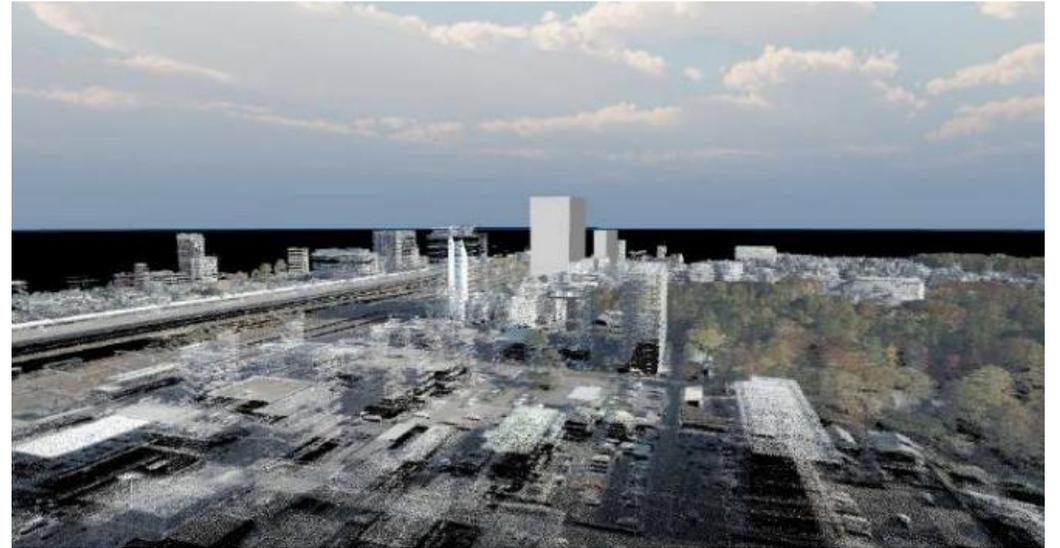


# 1.1 点群とは

3次元点群データの累積による  
災害復旧の迅速化



3次元点群データを活用した、  
建設物の新設による景観シュミ  
レーション

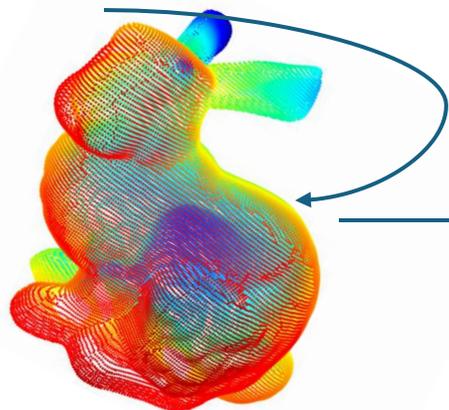


# 1.1 点群とは

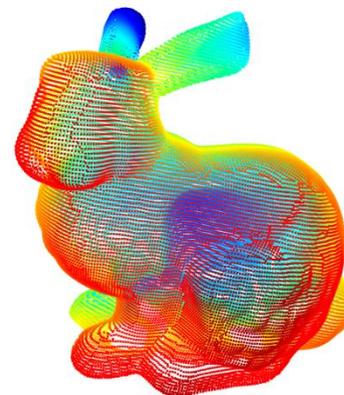
## 点群レジストレーション (位置合わせ)

ソース (位置合わせ元) 点群をターゲット (位置合わせ先) 点群  
に位置合わせするための剛体変換パラメータ (回転, 並行移動) を  
推定するタスク

ソース



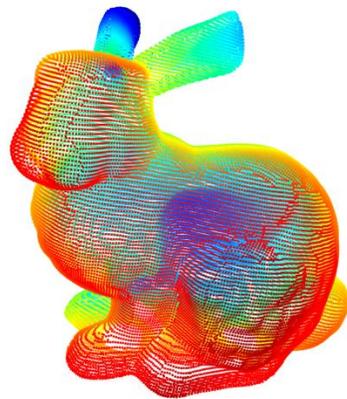
ターゲット



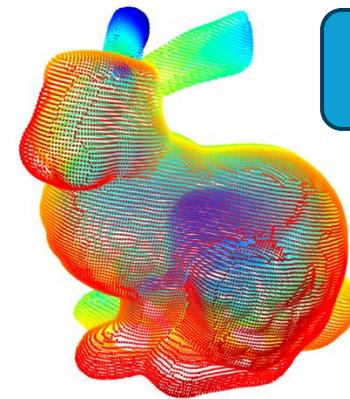
# 1.1 点群とは

## クラス分類

複数あるクラスラベルから1つの点群データに1つのクラスラベルを割り当てるタスク



ウサギ?  
りんご?  
コップ?



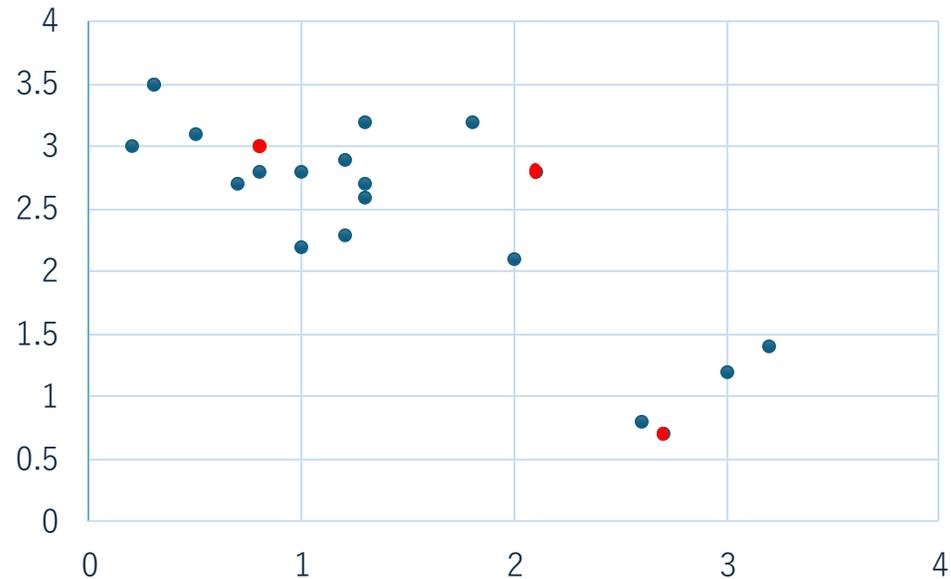
ウサギ

# 1.2 演習概要

点群のクラス分類やセグメンテーションに用いられるディープラーニングアーキテクチャ Point Net++ サンプルング手法をFPSからPDSを用いた手法に変更  
→より高速に点群データのクラス分類を行うことを目指す.

サンプリング

点群データからいくつかの点を選び出すこと

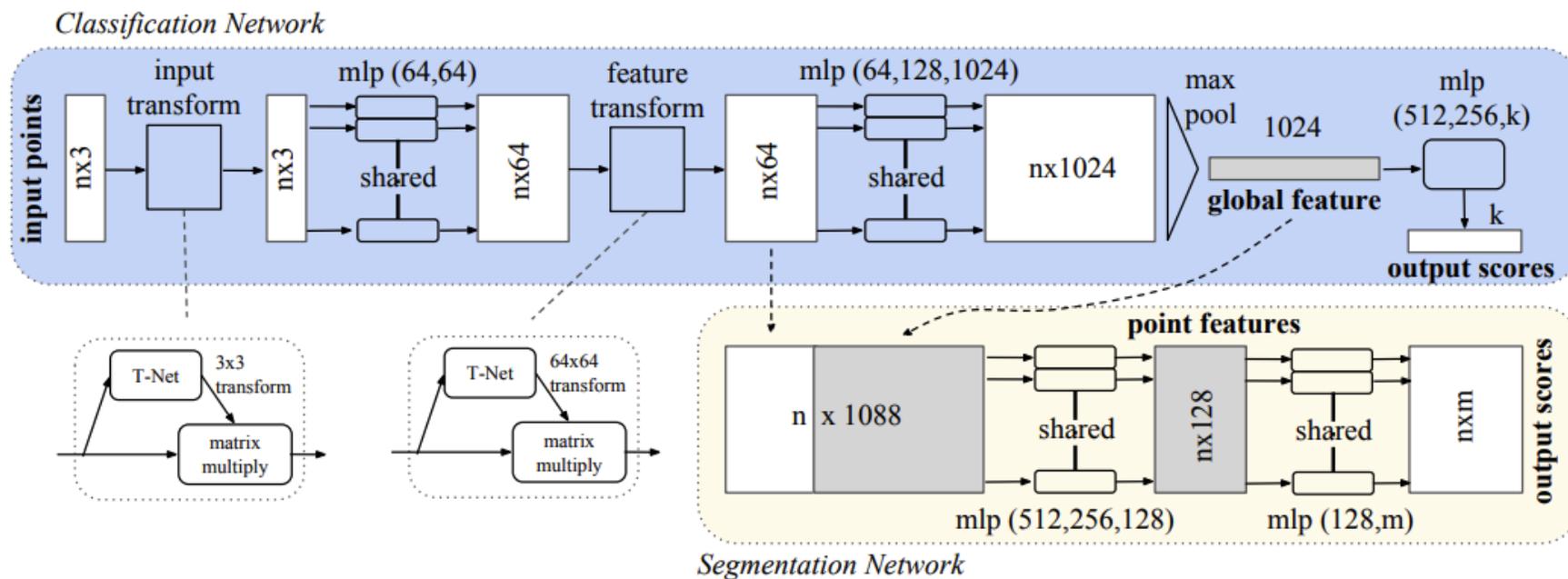


# 2.1 Point Net

点群データのクラス分類・セグメンテーションが行える  
ディープラーニングアーキテクチャ

2 Dec 2016 [Charles R. Qi](#), [Hao Su](#), [Kaichun Mo](#), [Leonidas J. Guibas](#)

<https://arxiv.org/abs/1612.00593>



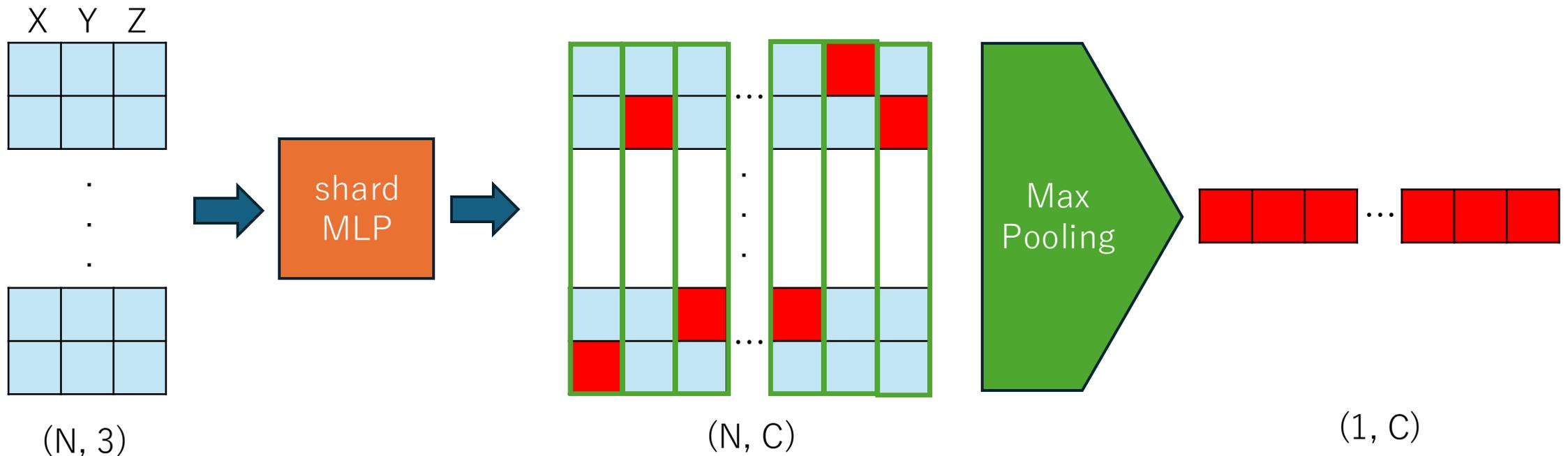
# 2.1 Point Net

Shard MLP

→1つ1つの点を同一のニューラルネットワークに入力

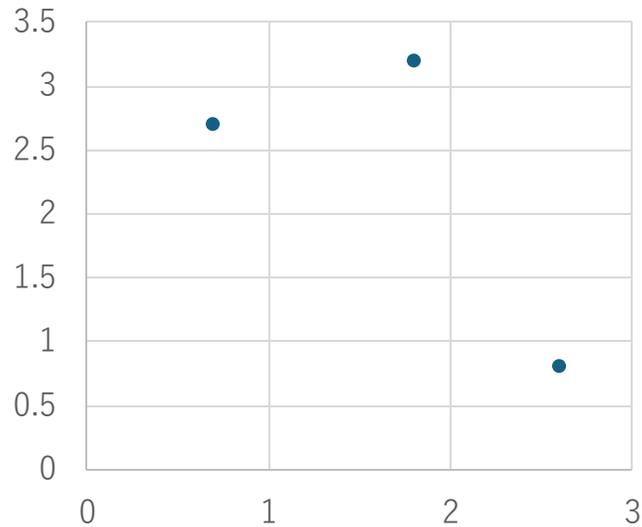
Max-Pooling

→全ての点の特数量次元ごとの最大値を取得

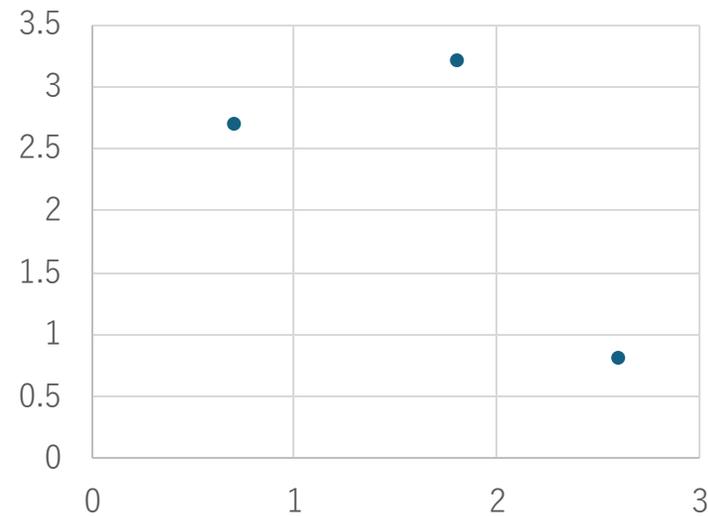


# 2.1 Point Net

3次元点群には1つ1つのデータ要素は順序を入れ替えても点群データの形状には変化がない



Xの値	Yの値
0.7	2.7
1.8	3.2
2.6	0.8



Xの値	Yの値
0.7	2.7
2.6	0.8
1.8	3.2

## 2.2 Point Net++

Point Netは局所的な点群の構造を捉えていない

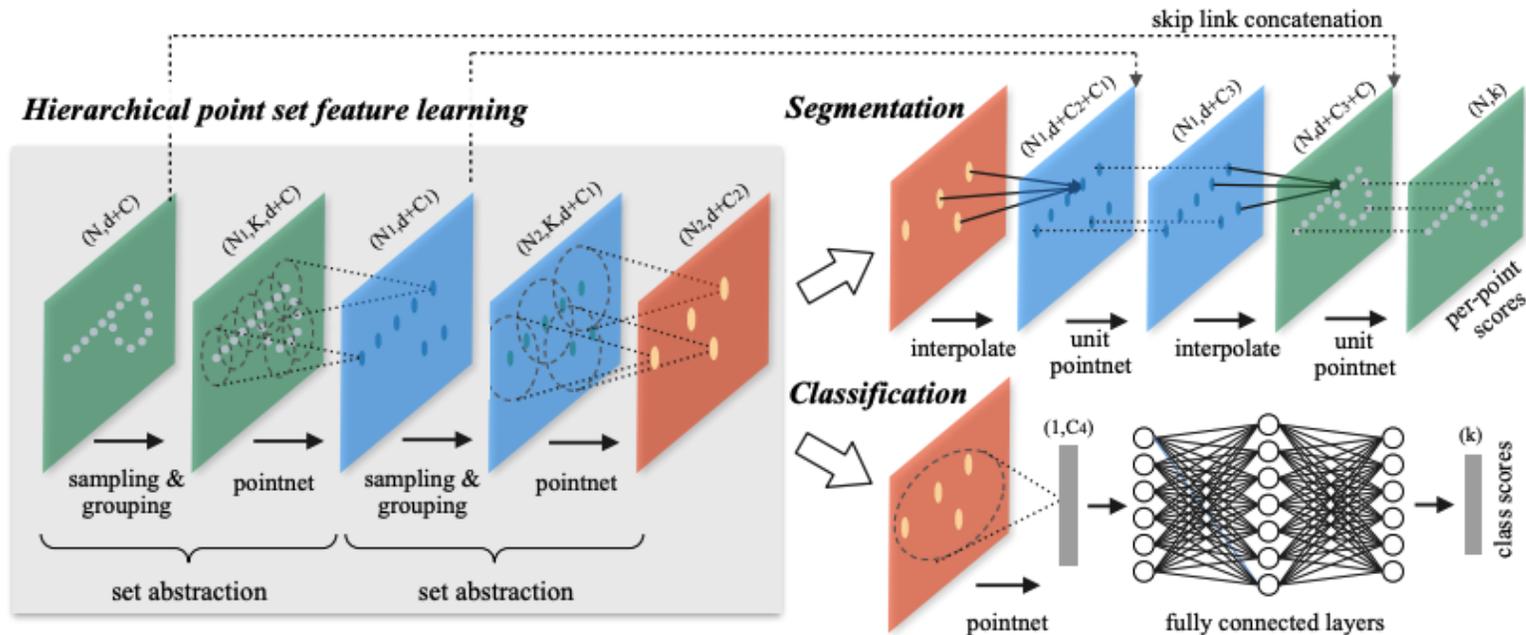
局所的な特徴を抽出する手法は  
画像認識などの分野でも性能向上に用いられている

## 2.2 Point Net++

点群の階層的な分割に対して、Point Netを再帰的に適用する  
ディープラーニングアーキテクチャ

7 Jun 2017 [Charles R. Qi](#), [Li Yi](#), [Hao Su](#), [Leonidas J. Guibas](#)

<https://arxiv.org/abs/1706.02413>



# 3.1 Farthest Point Sampling

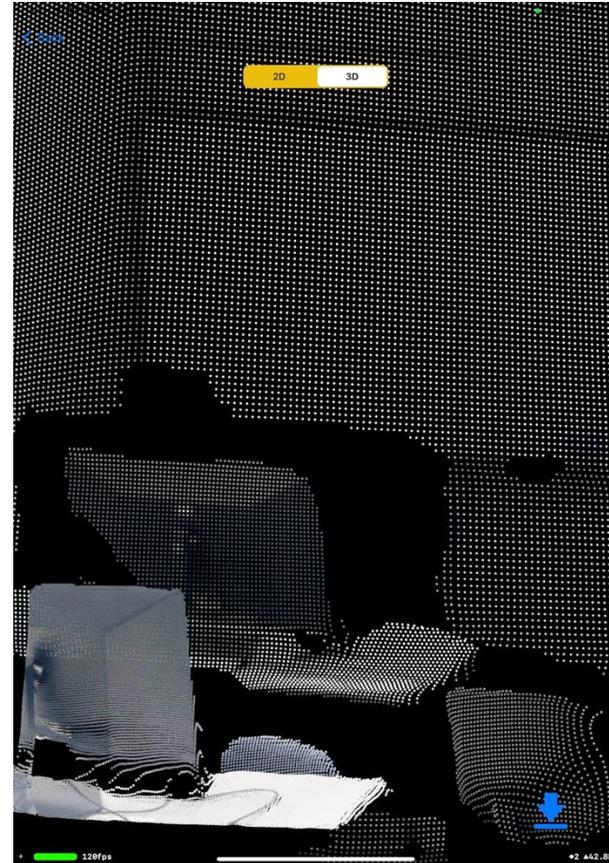
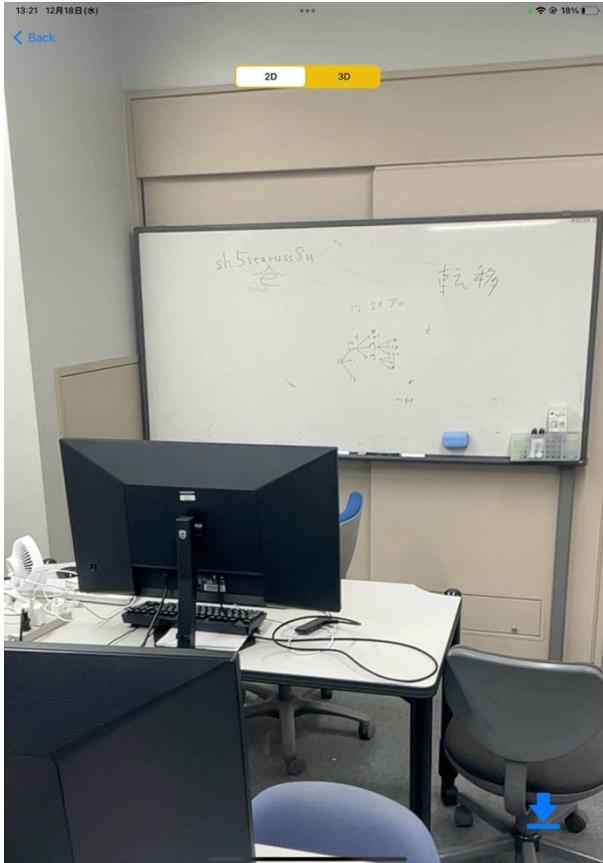
Point Net++では局所特徴量取得の際、Farthest Point Sampling (FPS) で点をサンプリングしている

## Farthest Point Sampling (FPS)

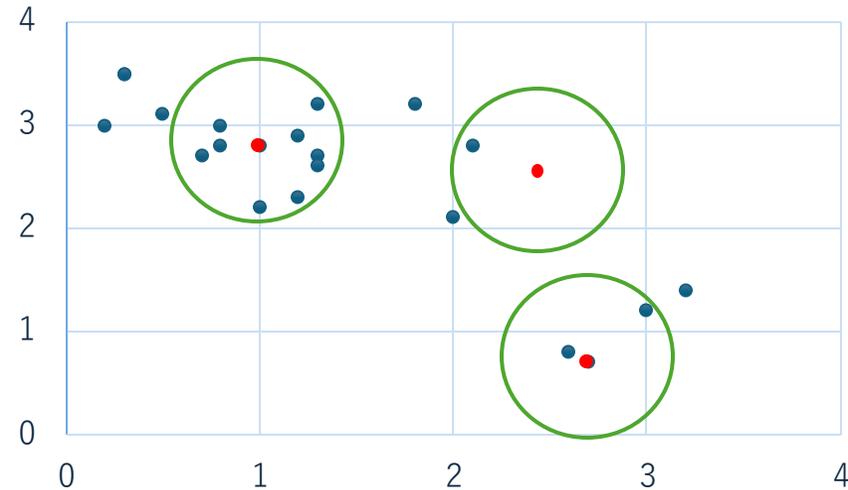
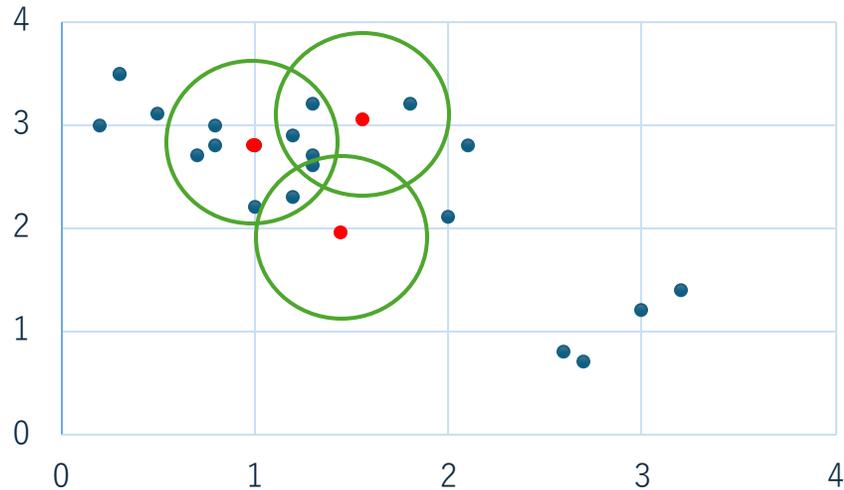
1. 1点ランダムにサンプリング
2. 1つ前にサンプリングされた点と全ての点と距離を求める
3. サンプリング済みの点との最短距離に変化があれば更新
4. サンプリング済みの点との最短距離が最も遠い点をサンプル
5. k個サンプリングができたなら終了, それ以外なら2へ

# 3.1 Farthest Point Sampling

点群は局所領域によって点の密度にばらつきがある



# 3.1 Farthest Point Sampling



ランダムサンプリングをすると点の密度が高い領域の点数増加  
→点の密度が低い箇所の形状が無視されてしまう

FPS：点群全体を均一にサンプリング  
計算量が大きというデメリットがある

## 3.2 Poisson Disk Sampling

### Poisson Disk Sampling (PDS)

1. 1点ランダムに選択
2. 選択された点とサンプリング済みの点との距離を求める
3. 距離が全て $r$ 以上であれば、サンプリング点に追加
4.  $k$ 個サンプリングができたなら終了、それ以外なら1へ

距離計算はサンプリング済みの点のみでありながら、 $r$ という一定の距離をその他のサンプリング点と確保できる。

## 4.1 提案手法

1回のループで距離計算をする点数がPDSの方が少ない  
→サンプリング手法をPDSを用いることで高速化を図る

PDSは必ず固定数サンプルできるようなサンプリング手法ではない  
→制約距離を大き過ぎると条件を満たせる点が未サンプリング点の中になくなる可能性

PDSで足りない点数はランダムサンプリングで補う

## 4.2 演習方法

### 実験環境

OS : Ubuntu 22.04.4 LTS

CPU : Intel(R) Core(TM) i9-14900

メインメモリ : 125GB

GPU : NVIDIA GeForce RTX 4080 PCIe4.0 9728コア

GPUメモリ : 16GB

## 4.2 演習方法

### Model Net

- プリンストン大学が公開
- メッシュデータだが1024点の点群データに変換し演習に使用
- Point Net, Point Net++論文内の評価実験にも利用されている

本演習では

40クラス分類にはModelNet40

10クラス分類にはModelNet10を使用

<https://modelnet.cs.princeton.edu/#>

## 4.2 演習方法

Model Net 40

訓練用データセット

					カテゴリ	ALL				
					サンプル数	9843				
飛行機	浴槽	ベッド	ベンチ	本棚	ボトル	ボウル	車	椅子	コーン	
626	106	515	173	572	335	64	197	889	167	
カップ	カーテン	デスク	ドア	タンス	花鉢	ガラス箱	ギター	キーボード	ランプ	
79	138	200	109	200	149	171	155	145	124	
ノートPC	暖炉	モニター	ナイトスタンド	人	ピアノ	植物	ラジオ	換気扇	シンク	
149	284	465	200	88	231	240	104	115	128	
ソファ	階段	スツール	テーブル	テント	トイレ	テレビ台	花瓶	ワードローブ	xbox	
680	124	90	392	163	344	267	475	87	103	

## 4.2 演習方法

Model Net 40

テスト用データセット

										カテゴリ	ALL
										サンプル数	2468
飛行機	浴槽	ベッド	ベンチ	本棚	ボトル	ボウル	車	椅子	コーン		
100	50	100	20	100	100	20	100	100	20		
カップ	カーテン	デスク	ドア	タンス	花鉢	ガラス箱	ギター	キーボード	ランプ		
20	20	86	20	86	20	100	100	20	20		
ノートPC	暖炉	モニター	ナイトスタンド	人	ピアノ	植物	ラジオ	換気扇	シンク		
20	100	100	86	20	100	100	20	100	20		
ソファ	階段	スツール	テーブル	テント	トイレ	テレビ台	花瓶	ワードローブ	xbox		
100	20	20	100	20	100	100	100	20	20		

## 4.2 演習方法

Model Net 10  
訓練用データセット

カテゴリ
サンプル数

カテゴリ	ALL
サンプル数	3991

浴槽	ベッド	イス	デスク	タンス	モニター	ナイト スタンド	ソファ	テーブル	トイレ
106	515	889	200	200	465	200	680	392	344

テスト用データセット

カテゴリ	ALL
サンプル数	908

浴槽	ベッド	イス	デスク	タンス	モニター	ナイト スタンド	ソファ	テーブル	トイレ
50	100	100	86	86	100	86	100	100	100

<https://modelnet.cs.princeton.edu/#>

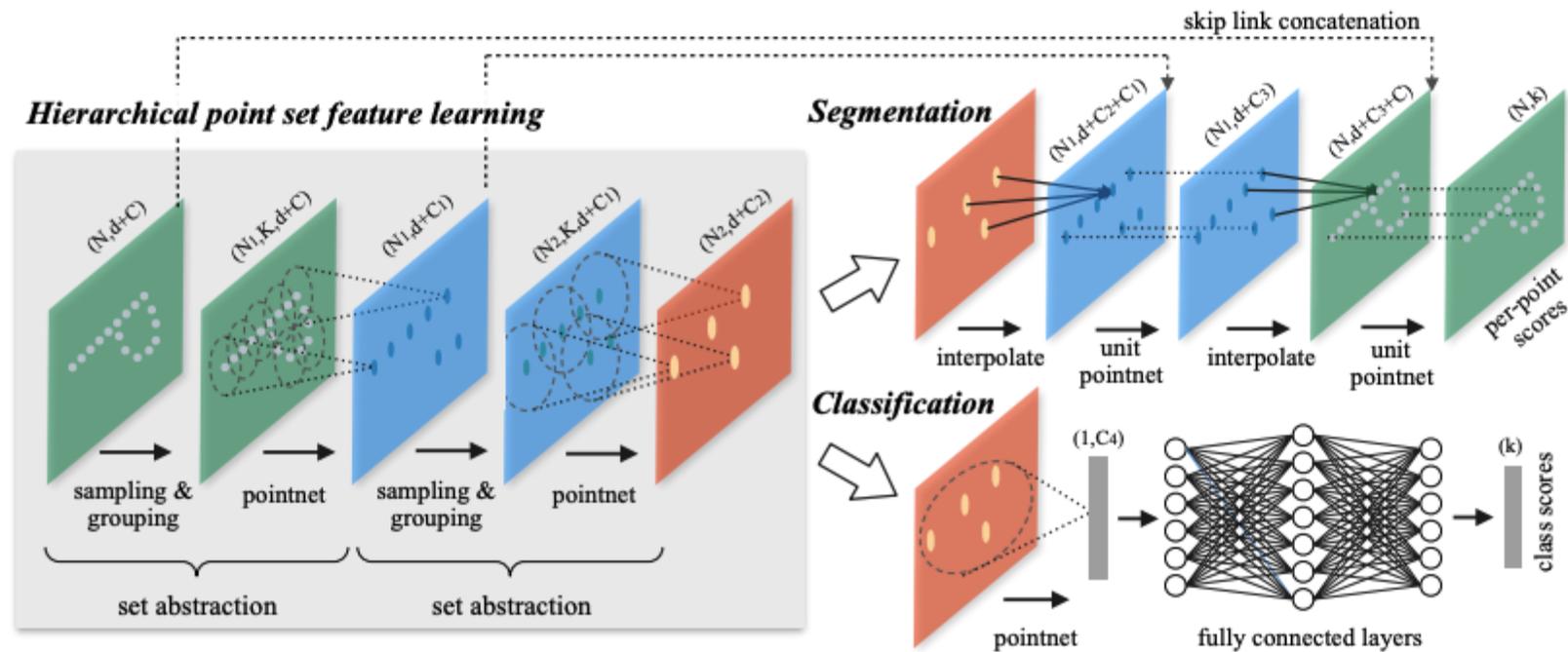
## 4.2 演習方法

特徴量

$[1024, 3] \rightarrow [512, 128 + 3] \rightarrow [128, 256 + 3] \rightarrow [1, 1024]$

グルーピングの距離

0.2  $\rightarrow$  0.4



## 4.2 演習方法

訓練

Point Net++に訓練用の点群データを入力  
→分類結果を表す要素数10のベクトルを出力

分類結果からクロスエントロピー誤差を計算  
逆伝播を行いモデルのパラメータを修正

クロスエントロピー誤差

$$E = - \sum_k t_k \log_e y_k$$

正解ラベル	ウサギ	りんご	コップ
	1	0	0
出力	ウサギ	りんご	コップ
	0.7	0.1	0.2

## 4.2 演習方法

テスト

Point Net++にテスト用の点群データを入力

→分類結果を表す要素数10のベクトルを出力

分類結果から最大値をもつインデックスを取得  
正解ラベルと比較を行い，合致していれば正解

Accuracy

正解数

テストデータセットサイズ

正解ラベル	ウサギ	りんご	コップ
	1	0	0
出力	ウサギ	りんご	コップ
	0.7	0.1	0.2

## 4.3 評価方法

1. FPSを用いたPoint Net++
2. PDS（制約距離 = 0.01）を用いたPoint Net++
3. PDS（制約距離 = 0.05）を用いたPoint Net++
4. Random Samplingを用いたPoint Net++

それぞれに対して、200エポックの訓練・学習を実施  
平均Accuracyと実行時間を算出

10クラス分類を5回、40クラス分類を1回行い結果を比較

## 4.4 演習結果（10クラス分類）

### 1. Farthest Point Sampling

5回の平均実行時間：5時間55分14.05秒

5回の平均Accuracy：0.91250

	平均Accuracy	実行時間
1回目	0.9102	5時間54分9.39秒
2回目	0.9154	5時間55分32.68秒
3回目	0.9121	5時間56分5.93秒
4回目	0.9129	5時間54分10.87秒
5回目	0.9102	5時間56分11.39秒

## 4.4 演習結果（10クラス分類）

### 2. Poisson Disk Sampling ( $r = 0.01$ )

5回の平均実行時間：5時間15分12.44秒

5回の平均Accuracy：0.91023

	平均Accuracy	実行時間
1回目	0.9107	5時間14分20.71秒
2回目	0.9095	5時間13分6.46秒
3回目	0.9131	5時間13分58.35秒
4回目	0.9091	5時間16分57.32秒
5回目	0.9090	5時間17分39.34秒

## 4.4 演習結果（10クラス分類）

### 3. Poisson Disk Sampling ( $r = 0.05$ )

5回の平均実行時間：7時間12分8.34秒

5回の平均Accuracy：0.91076

	平均Accuracy	実行時間
1回目	0.9094	7 時間 10 分 48.99 秒
2回目	0.9122	7 時間 12 分 10.93 秒
3回目	0.9119	7 時間 7 分 45.95 秒
4回目	0.9093	7 時間 18 分 25.01 秒
5回目	0.9110	7 時間 11 分 30.83 秒

## 4.4 演習結果（10クラス分類）

### 4. Random Sampling

5回の平均実行時間：0時間19分3.41秒

5回の平均Accuracy：0.91056

	平均Accuracy	実行時間
1回目	0.9122	0 時間 18 分 58.10 秒
2回目	0.9073	0 時間 18 分 59.03 秒
3回目	0.9101	0 時間 19 分 2.55 秒
4回目	0.9105	0 時間 19 分 7.15 秒
5回目	0.9127	0 時間 19 分 10.23 秒

## 4.4 演習結果（10クラス分類）

FPS,PDS,RS各5回の実験結果の比較

	Poisson Disk Sampling		Farthest Point Sampling	Random Sampling
制約距離	0.01	0.05		
平均 Accuracy	0.91023	0.91076	0.91250	0.91056
平均 実行時間	5時間15分12.44秒	7時間12分8.34秒	5時間55分12.44秒	0時間19分3.41秒

## 4.4 演習結果 (40クラス分類)

FPS,PDS,RSの実験結果の比較

	Poisson Disk Sampling		Farthest Point Sampling	Random Sampling
制約距離	0.01	0.05		
平均 Accuracy	0.8770	0.8773	0.8826	0.8763
実行時間	13時間14分25.94秒	18時間46分47.49秒	14時間59分11.64秒	0時間49分24.01秒

# 5.1 考察

10クラス平均	Poisson Disk Sampling	Farthest Point Sampling
制約距離	0.01	
平均Accuracy	0.9102	0.91250
実行時間	5時間15分12.44秒	5時間55分12.44秒

40クラス	Poisson Disk Sampling	Farthest Point Sampling
制約距離	0.01	
平均Accuracy	0.8770	0.8826
実行時間	13時間14分25.94秒	14時間59分11.64秒

PDS ( $r = 0.01$ ) : 精度はやや低下しているがFPSに比べ高速化  
→ 距離計算における計算量を減らせたことによると考えられる

# 5.1 考察

10クラス平均	Poisson Disk Sampling	Farthest Point Sampling
制約距離	0.05	
平均Accuracy	0.91076	0.91250
実行時間	7時間12分8.34秒	5時間55分12.44秒

40クラス	Poisson Disk Sampling	Farthest Point Sampling
制約距離	0.05	
平均Accuracy	0.8770	0.8826
実行時間	18時間46分47.49秒	14時間59分11.64秒

PDS ( $r = 0.05$ ) : 精度はやや低下し実行時間が増加  
→PDSのループ回数が増加したことによる計算量の増加

# 5.1 考察

10クラス平均	Poisson Disk Sampling		Random Sampling
制約距離	0.01	0.05	
平均Accuracy	0.9102	0.91076	0.91056
実行時間	5時間15分12.44秒	7時間12分8.34秒	0時間19分3.41秒

40クラス	Poisson Disk Sampling		Random Sampling
制約距離	0.01	0.05	
平均Accuracy	0.8770	0.8773	0.8763
実行時間	13時間14分25.94秒	18時間46分47.49秒	0時間49分24.01秒

Random Samplingでも高精度でクラス分類が行えている  
→メッシュから取得した点群データセットであることから点の密度ばらつきが少ない可能性がある

## 5.2 今後の課題

- ベンチマークの変更
- 40クラス分類の追加実験