

# 最適化技法を用いたレーザスキャン計画の立案

檀 寛成  
(関西大学 環境都市工学部)

統計数理研究所重点研究テーマ 3 公開研究集会

2023/2/20



## 問題定義

- 3D スキャナでどう計測したら対象物全体を計測できるか？
  - 遮蔽を避ける必要性
  - 複数箇所からの計測が必要
- トレードオフ: 計測の質と時間的コスト
  - 計測回数を増やせば計測の質は上がる
    - 計測の質: 得られた点群の密度
    - 同じ場所を重ねて計測すれば密度はあがるものと仮定  
(=同じ場所にパルスレーザーがあたることはないとは仮定)
  - 計測回数を増やすと時間的コストも増える
    - 約 1 時間/回 (※スキャナにもよります)

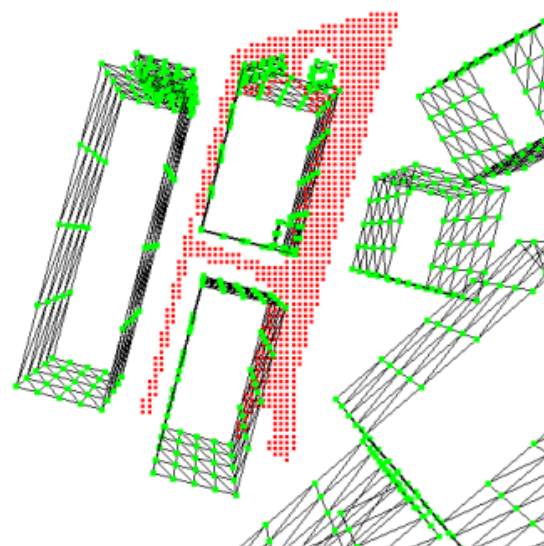
### 問題: 最適な 3D スキャンプランの作成

- 対象物全体を計測するための最小の計測回数はいくつ？
- 計測点の最適な配置は？

## 最適化問題として定式化し，ソルバで求解する

- モデル 1: 対象物全体を計測するのに必要な計測回数の最小化
- モデル 2: 定められた計測回数の下で得られるデータ量 (= 点群データの点数) の最大化

- 仮定
  - 計測対象と周辺環境がメッシュ (三角形) で表現されている
  - 計測候補点を与えられている
- 現場データをどのように作成するか? (後述)



## 定式化 (1/6)

### [集合/添字]

- $i \in I$ : 計測候補点,
- $j \in J$ : 計測対象表面のメッシュ.

### [変数]

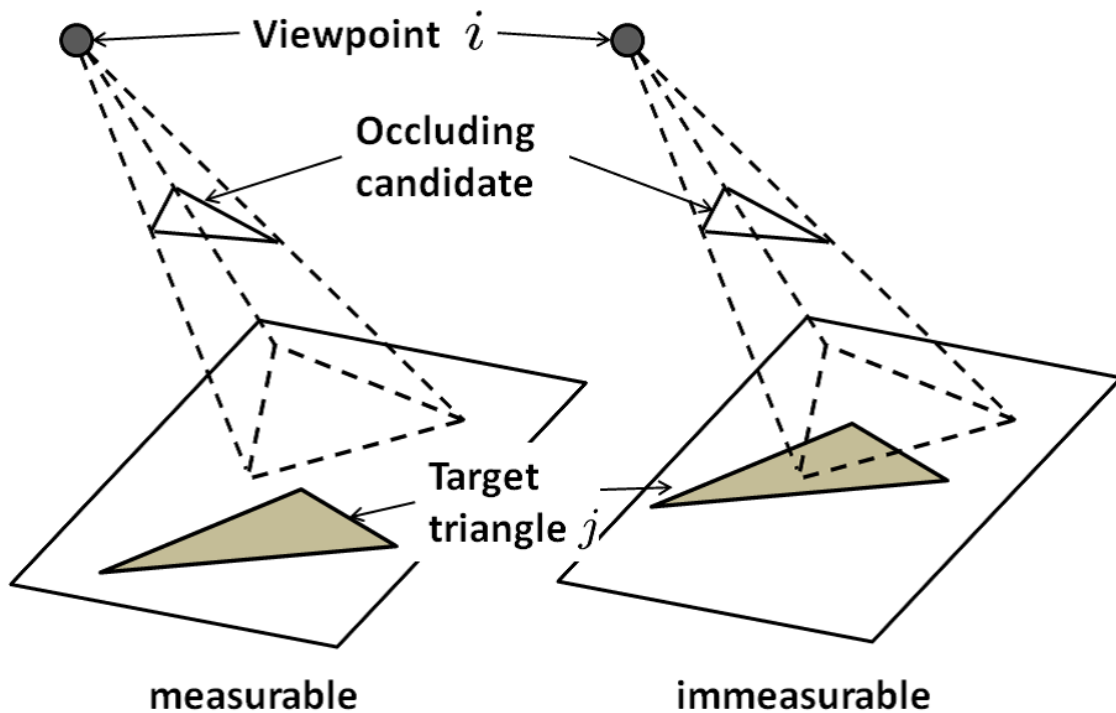
$$x_i := \begin{cases} 1, & i \text{ を計測点として採用する,} \\ 0, & i \text{ を計測点として採用しない.} \end{cases}$$

### [パラメータ]

$$d_{ij} := \begin{cases} 1, & i \text{ から } j \text{ は計測できる,} \\ 0, & i \text{ から } j \text{ は計測できない,} \end{cases}$$
$$a_{ij} := \begin{cases} i \text{ から } j \text{ を計測して得られるデータ量,} & d_{ij} = 1, \\ 0, & d_{ij} = 0, \end{cases}$$
$$r := \text{計測可能回数の上限.}$$

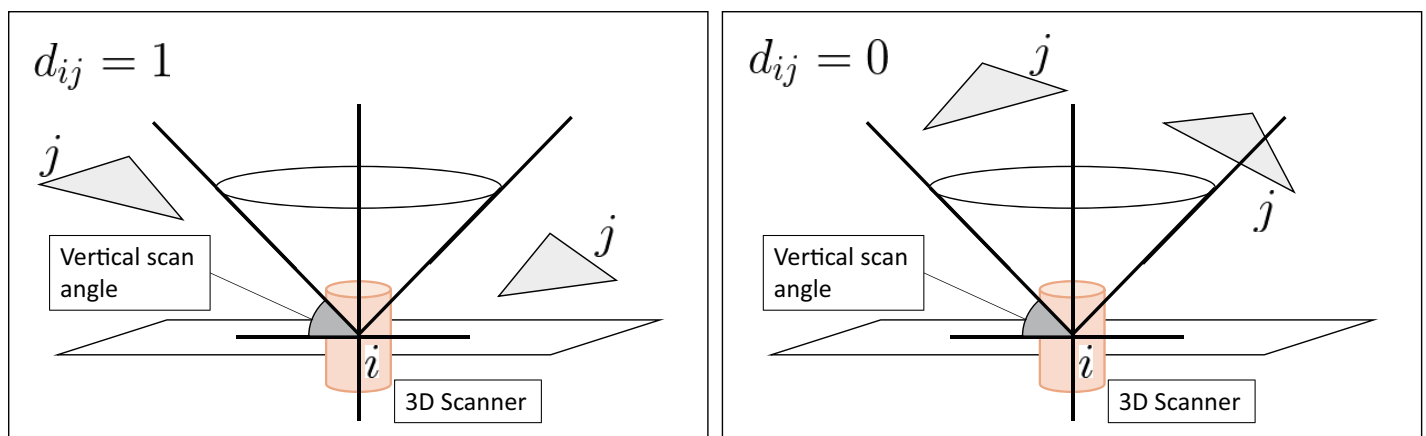
# 定式化 (2/6)

- 計測候補点  $i$  からの  $j$  の可視性 (遮蔽)

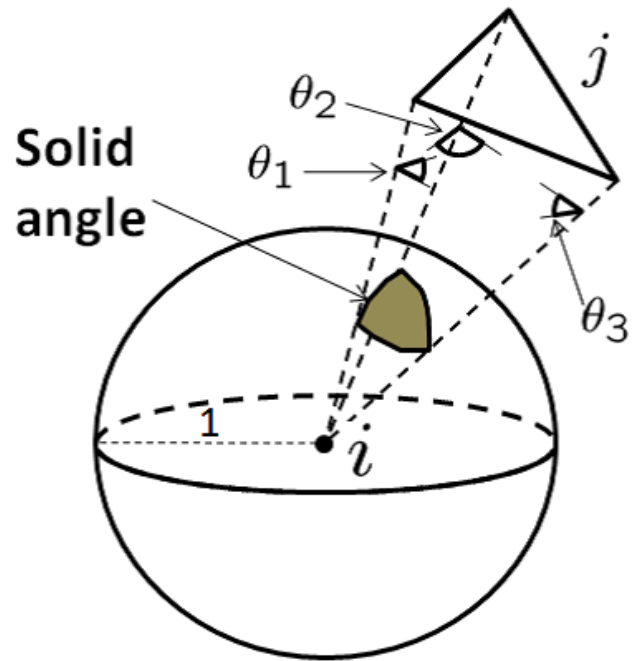


# 定式化 (3/6)

- 計測候補点  $i$  からの  $j$  の可視性 (スキャナの視野)



- $a_{ij}$ :  $i$  から  $j$  を計測したときのデータ量
- $a_{ij}$  は  $i$  から  $j$  を見たときの立体角に比例する
  - 立体角: 対象物を単位球の中心に向けて射影したときの「影」の大きさ



# 定式化 (5/6)

## モデル 1

対象物全体を計測しつつ、計測回数を最小にする

$$\begin{array}{l}
 \text{minimize} \\
 \text{subject to}
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 \sum_{i \in I} x_i \\
 \sum_{i \in I} d_{ij} x_i \geq 1 \quad (\forall j \in J), \\
 x_i \in \{0, 1\} \quad (\forall i \in I).
 \end{array} \right.$$

- 目的関数: 採用する計測点の数を最小にする
- 制約条件: 対象物表面のメッシュを少なくとも 1 回は計測する
- 『集合被覆問題』に他ならない!

## モデル 2

計測点の最適な配置を求める

$$\begin{array}{l} \text{maximize} \\ \text{subject to} \end{array} \quad \begin{array}{l} \sum_{i \in I, j \in J} a_{ij} x_i \\ \sum_{i \in I} d_{ij} x_i \geq 1 \quad (\forall j \in J), \\ \sum_{i \in I} x_i \leq r, \\ x_i \in \{0, 1\} \quad (\forall i \in I). \end{array}$$

- 目的関数: 得られるデータ量を最大にする
- $r$ : 計測可能回数 ( $\geq$  モデル 1 での最適目的関数値)