

ミリ波帯移動通信システムにおける 到来波クラスター数推定に関する研究



Abstract

現在、第6世代移動通信システム(6G)の研究開発が進められている。6Gでは**超高速通信**を実現するために、**高周波数帯**であるミリ波帯(30~300GHz)やサブテラヘルツ波帯(100GHz~1THz)帯の周波数利用が検討されている。電波は周波数が高くなるにつれていくつかの塊(**クラスター**)として到来する。複数のクラスター間に遅延差があると、信号の歪みが発生し通信品質が低下するため、クラスターの性質を把握する必要がある。

本研究では**圧縮センシング**を用いて各測定データにおける到来角度と遅延時間を解析した。また、K-means法を用いて**クラスタリング**を行い、**エルボー法**と**シルエット分析**を用いてクラスター数の推定を行った。

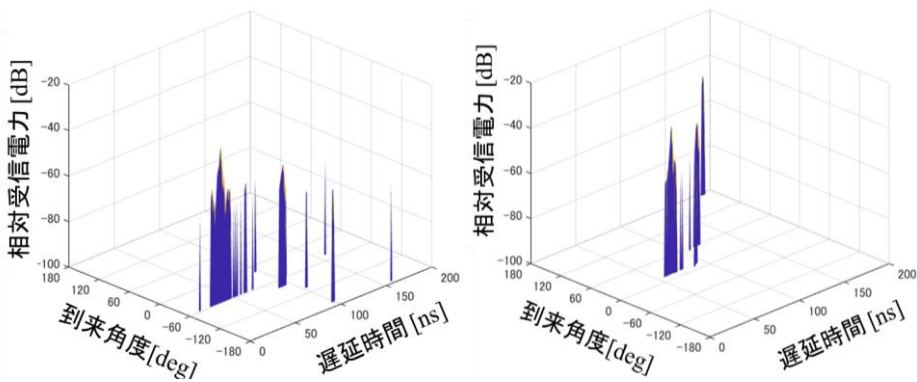
1.測定環境



(a) 八丁堀(散乱体が少ない)

(b) 茅場町(散乱体が多い)

2.遅延時間と到来角度

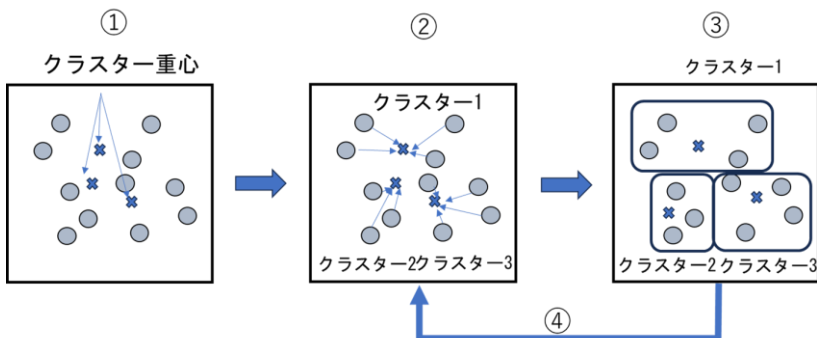


1.八丁堀

2.茅場町

遅延時間と到来角度

3.K-means法によるクラスタリング



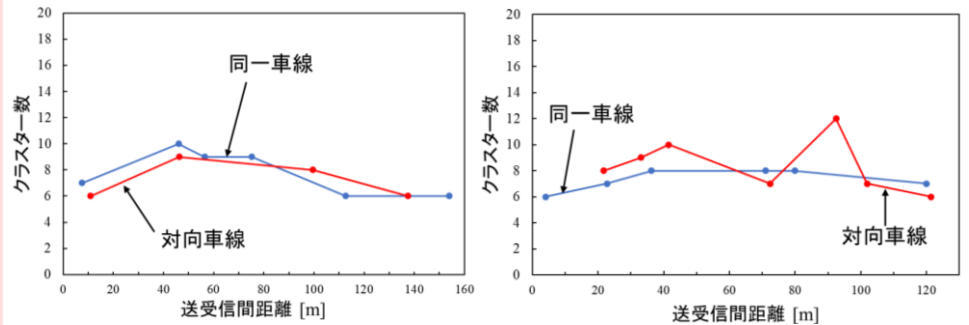
- ①クラスターの数を定め、各クラスターの重心座標をランダムに置く
- ②各クラスターの重心座標と各データの距離を求める
- ③各データを一番近いクラスターに割り当ててクラスターのデータからクラスターの重心座標を更新する
- ④クラスター重心が収束するまで②と③を繰り返す

4.1.推定手法1:エルボー法

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{p \in C_i} (p - c_i)^2$$

k : 暫定クラスター数
 C_i : i 番目のクラスターに含まれるデータ点集合
 c_i : C_i の重心

クラスター内誤差平方和(SSE: Sum of Squared errors of prediction)を計算し、 $SSE^{(k)} - SSE^{(k-1)} < \epsilon$ となった際の k が推定クラスター数となる(ϵ :しきい値)



(a) 八丁堀のクラスター数

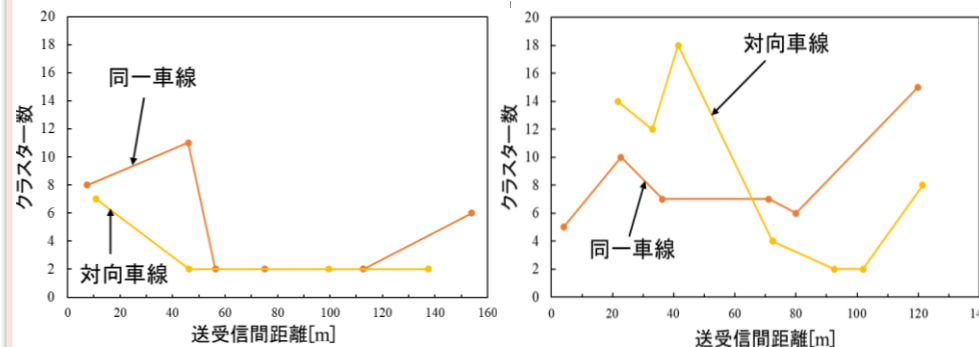
(b) 茅場町のクラスター数

4.2.推定手法2:シルエット分析

$$s^{(k)} = \frac{b^{(k)} - a^{(k)}}{\max\{b^{(k)}, a^{(k)}\}} \quad (-1 \leq s^{(k)} \leq 1)$$

$a^{(k)}$: 凝集度 (同一クラスター内のサンプル間の平均距離)
 $b^{(k)}$: 乖離度 (サンプルと最も近くにあるクラスターとの平均距離)

$s^{(k)}$ が最も1に近いものが推定クラスター数となる



(a) 八丁堀のクラスター数

(b) 茅場町のクラスター数

5.クラスター数平均値

	エルボー法	シルエット分析
八丁堀	7.6	4.4
茅場町	7.9	8.4
文献[1]	3.4	
文献[2]	19	

実測定のクラスター数の平均値は文献[1]と文献[2]のおよそ中間の値となった。

文献[1] IEEE, "Ultra-Wideband Statistical Channel Model for Non Line of Sight Millimeter-Wave Urban Channels", 2014.

文献[2] 3GPP, TR38.901, "Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz" (Release 17), Mar. 2022.

6.まとめ

本研究では、ミリ波帯測定データのクラスター数推定を行った。**圧縮センシング**を用いて実測定データを解析し、到来角度と遅延時間を求めた。K-means法を用いてデータのクラスタリングを行い、**エルボー法**と**シルエット分析**を用いてクラスター数の推定を行った。今後の課題として、エルボー法とシルエット分析において受信電力を考慮できていないため、考慮する必要がある。エルボー法は目視で判断しクラスター数を推定していたため、グラフの傾きの微分値を求め定量的に評価する必要がある。