

携帯基地局の最適配置の研究

沼田研究室

4407002 安藤 恒徳

発表構成

1. はじめに
2. 問題
3. 研究目的
4. モデル化
5. 定式化
6. 数値実験
7. まとめ

1. はじめに

1.1 研究背景 携帯電話の現状

携帯電話契約者数の増加

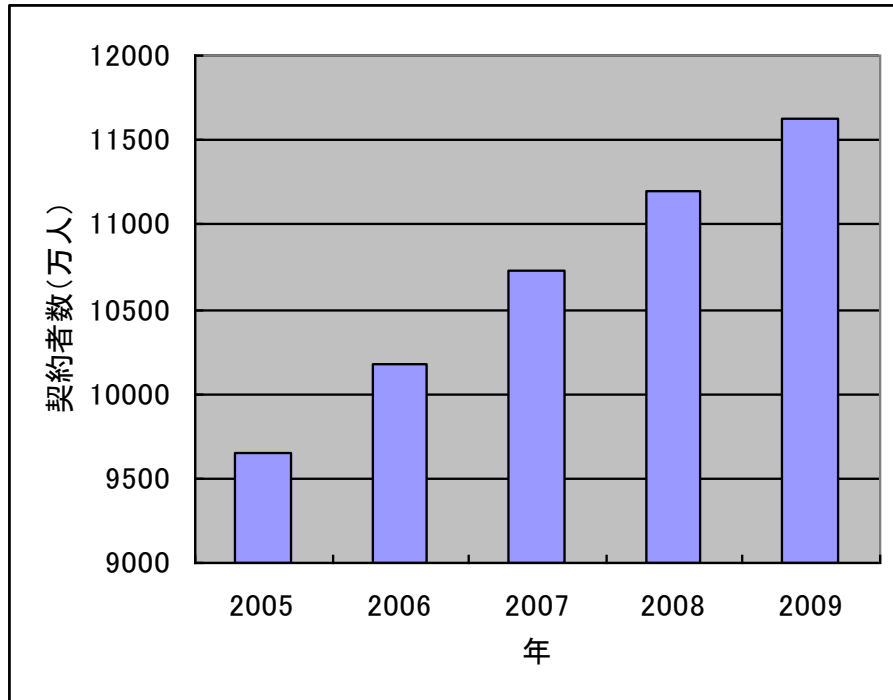


図1: 契約者数の増加[1]

1人当たりの情報通信量の増加

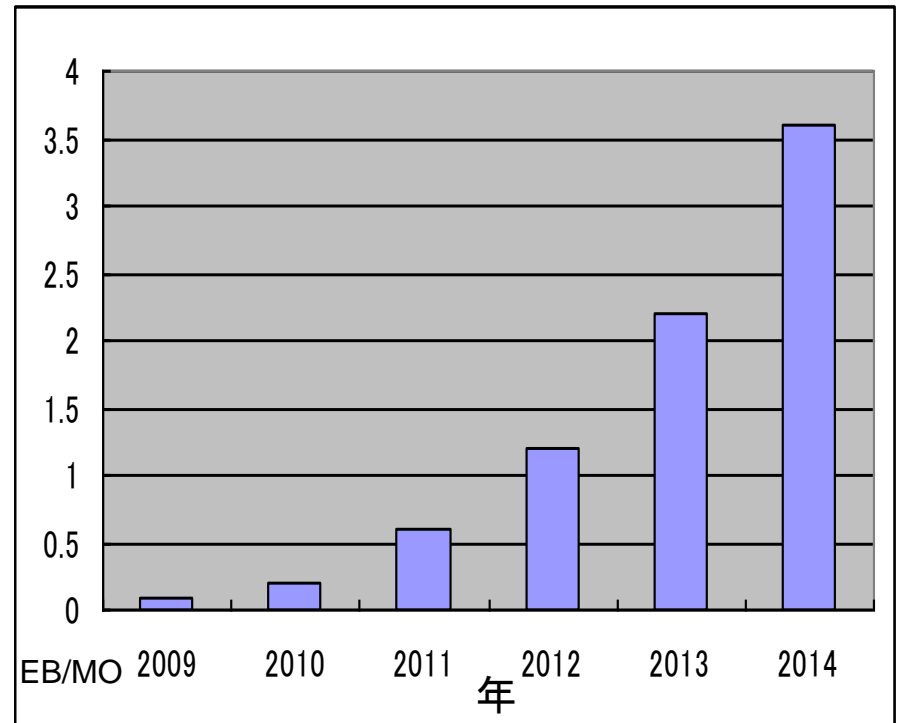
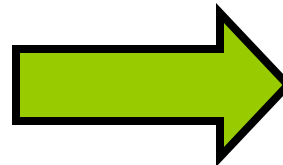
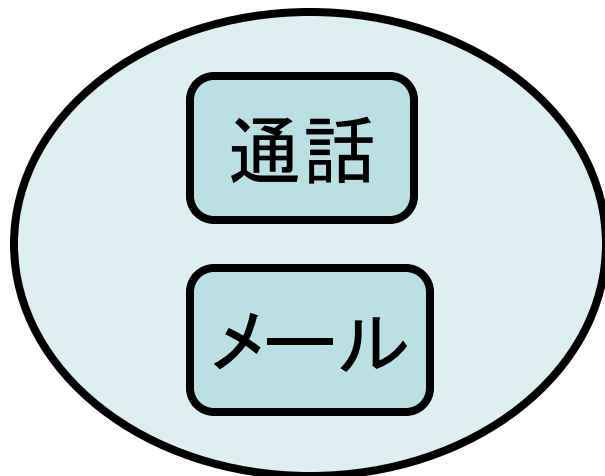


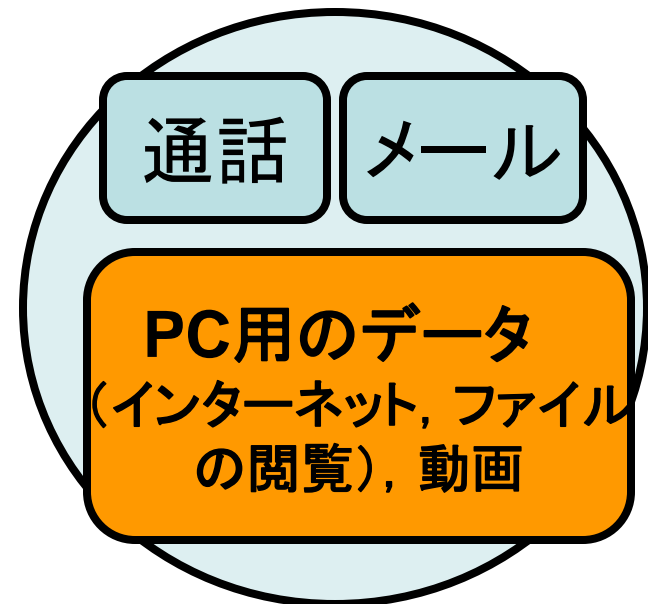
図2: 情報通信量の増加[2]

1.2 情報通信量増加の原因

以前：携帯電話の用途



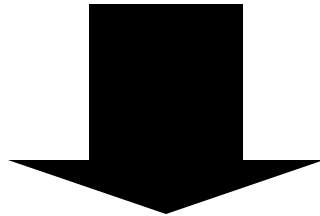
現在：スマートフォンの用途



2. 問題

通信速度が遅い

通信が繋がらない



改善が必要

2.1 携帯電話の通信の仕組み

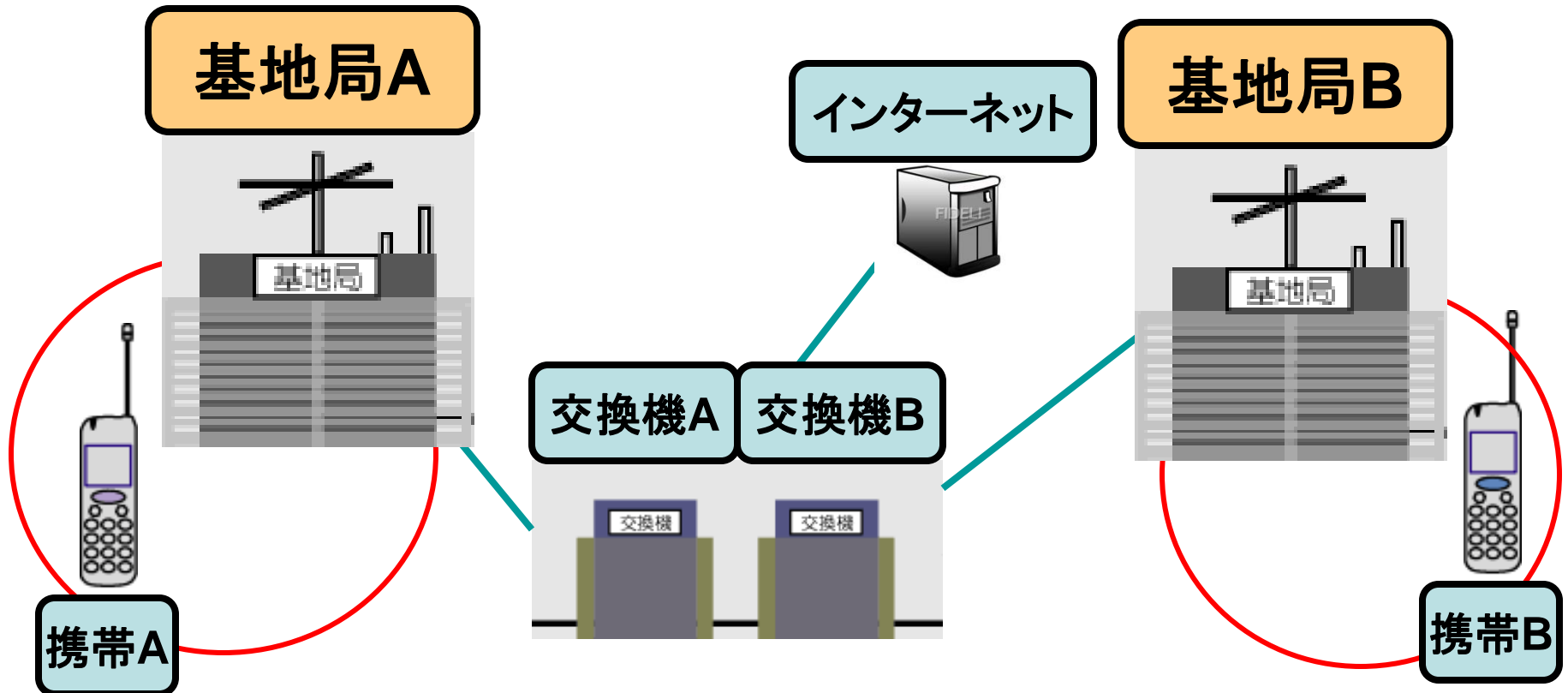
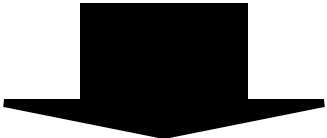


図3: 通信の仕組み

2.2 問題の対策

携帯電話と直接
通信する基地局の改善



基地局の増設

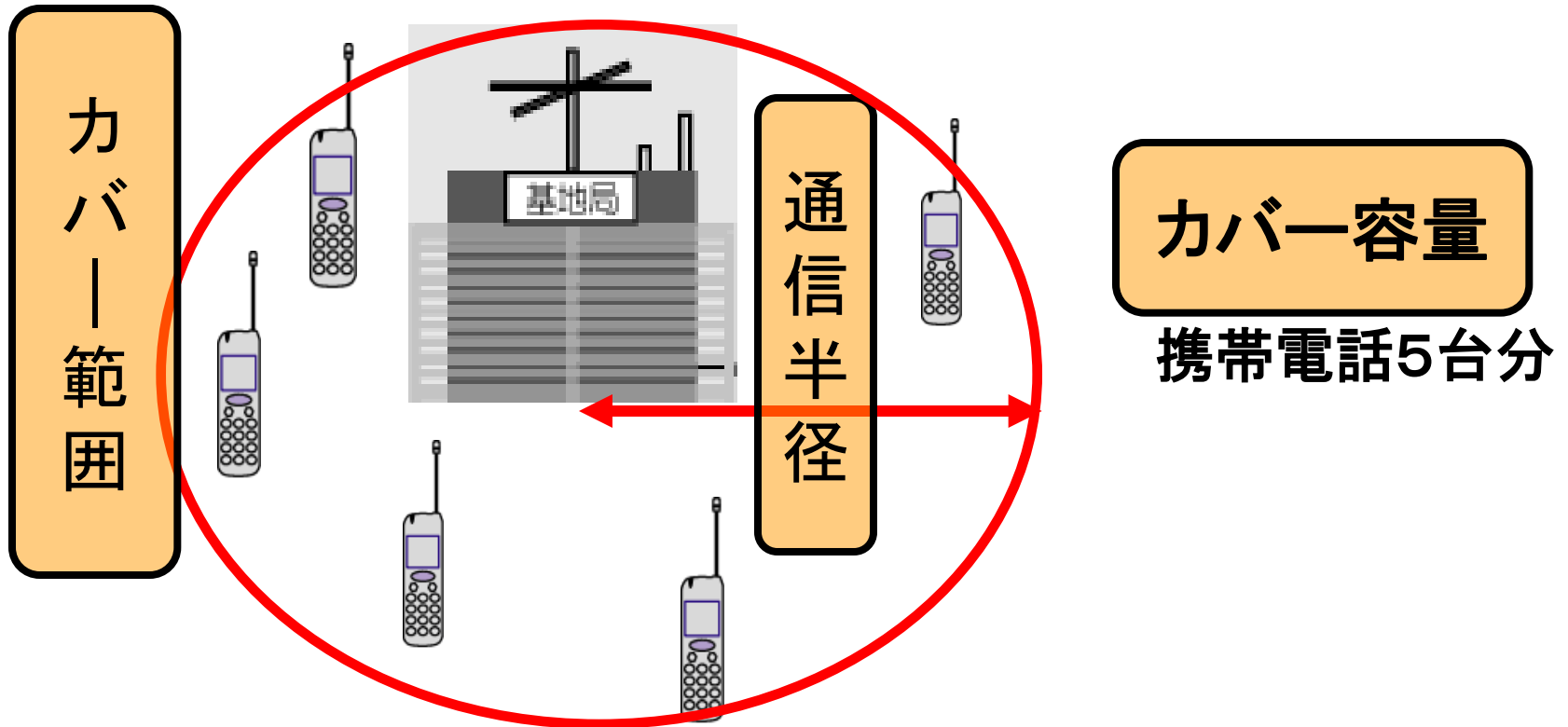


より少ない費用で効率よく基地局を
配置することが必要となる

3. 研究目的

基地局の総設置費用が最小となる
ように3種類の基地局を配置する
モデルを提案し、その最適解を求める。

4.1 基地局の属性

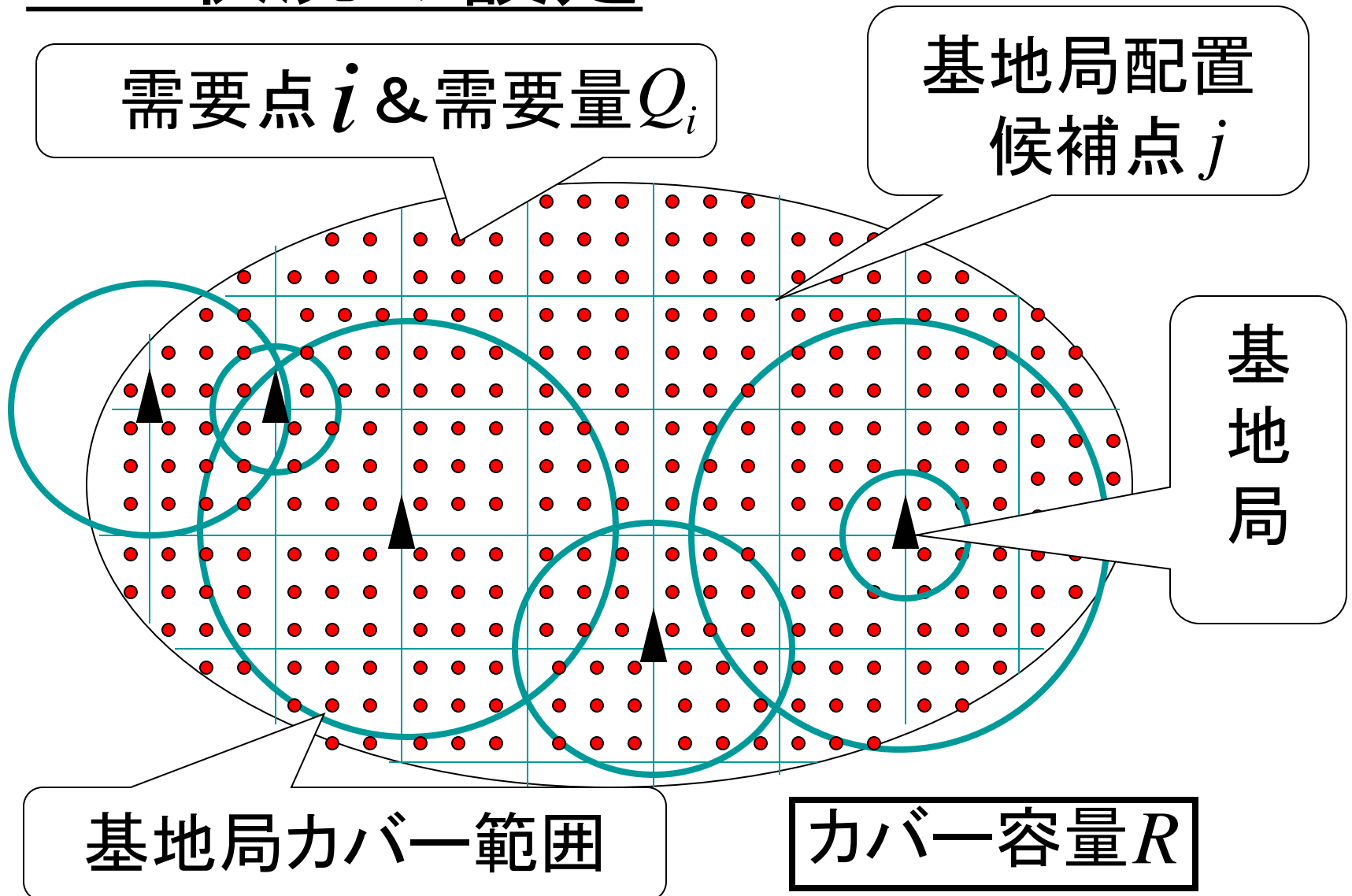


4.2 基地局の種類

表1: 基地局の種類

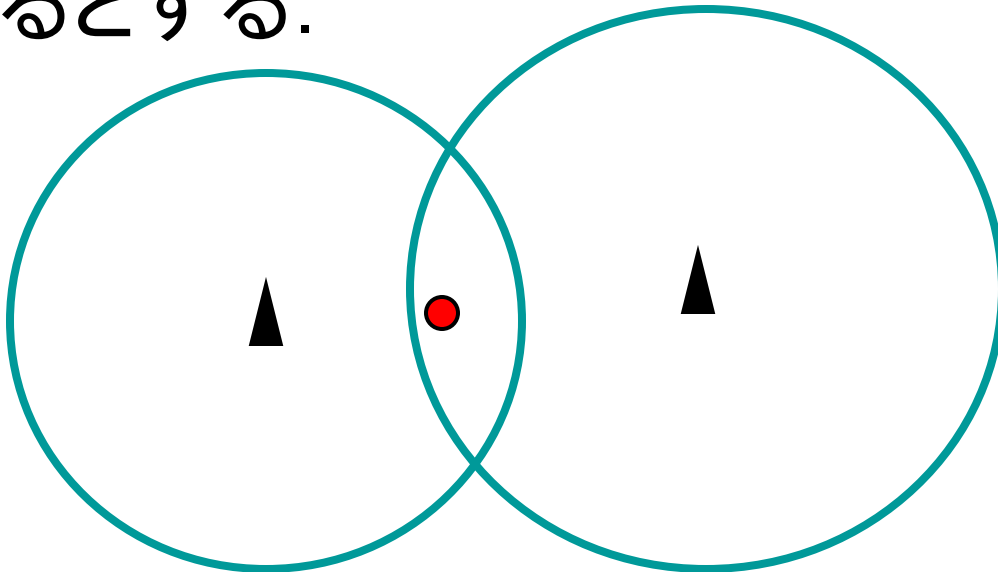
	カバー範囲	設置費用	カバー容量
ピコ・セル(Type1)	通信半径数10m	50万円	50
マイクロ・セル(Type2)	通信半径数100m	300万円	
マクロ・セル(Type3)	通信半径数km	1000万円	

4.3 状況の設定



4.4 前提条件

- 複数の基地局の通信半径に含まれる需要点はその中のどの基地局にも通信することができるとする。
- 需要量は複数の基地局に分配することができるとする。



5.1 記号化(1)

$I : \{i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$: 需要点の集合

Q_i : 需要点 i の需要量

$J : \{j \mid j = 1, 2, \dots, m\}$: 基地局配置候補点の集合

5.2 記号化(2)

A : 基地局 $Type1$ を設置する費用

B : 基地局 $Type2$ を設置する費用

C : 基地局 $Type3$ を設置する費用

R : 基地局の通信容量

5.3 記号化(3)

$e_{ij} : \begin{cases} 1 : \text{基地局 Type1を候補点 } j \text{に配置したとき, 需要点 } i \text{がカバーできる} \\ 0 : \text{基地局 Type1を候補点 } j \text{に配置したとき, 需要点 } i \text{がカバーできない} \end{cases}$

$f_{ij} : \begin{cases} 1 : \text{基地局 Type2を候補点 } j \text{に配置したとき, 需要点 } i \text{がカバーできる} \\ 0 : \text{基地局 Type2を候補点 } j \text{に配置したとき, 需要点 } i \text{がカバーできない} \end{cases}$

$g_{ij} : \begin{cases} 1 : \text{基地局 Type3を候補点 } j \text{に配置したとき, 需要点 } i \text{がカバーできる} \\ 0 : \text{基地局 Type3を候補点 } j \text{に配置したとき, 需要点 } i \text{がカバーできない} \end{cases}$

5.4 変数(1)

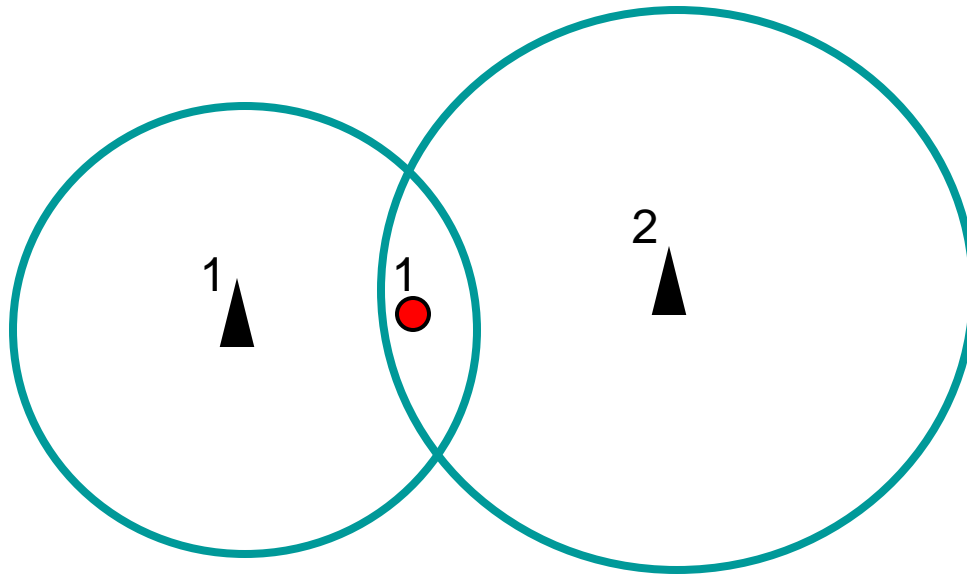
u_j : 基地局候補点 j に配置する基地局 *Type1* の数

v_j : 基地局候補点 j に配置する基地局 *Type2* の数

w_j : 基地局候補点 j に配置する基地局 *Type3* の数

5.5 変数(2)

$x_{ij} = [0,1]$: 需要点 i の需要量 Q_i を基地局候補点 j の
基地局に割り当てる割合



$$Q_1 = 10$$

$$x_{11} = 0.6$$

$$x_{12} = 0.4$$

5.6 定式化

$$\min \quad z = \sum_{j \in J} (Au_j + Bv_j + Cw_j) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j \in J} g_{ij}x_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} Q_i e_{ij} x_{ij} \leq R(u_j + v_j + w_j), \forall j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} Q_i (f_{ij} - e_{ij}) x_{ij} \leq R(v_j + w_j), \forall j \in J \quad (4)$$

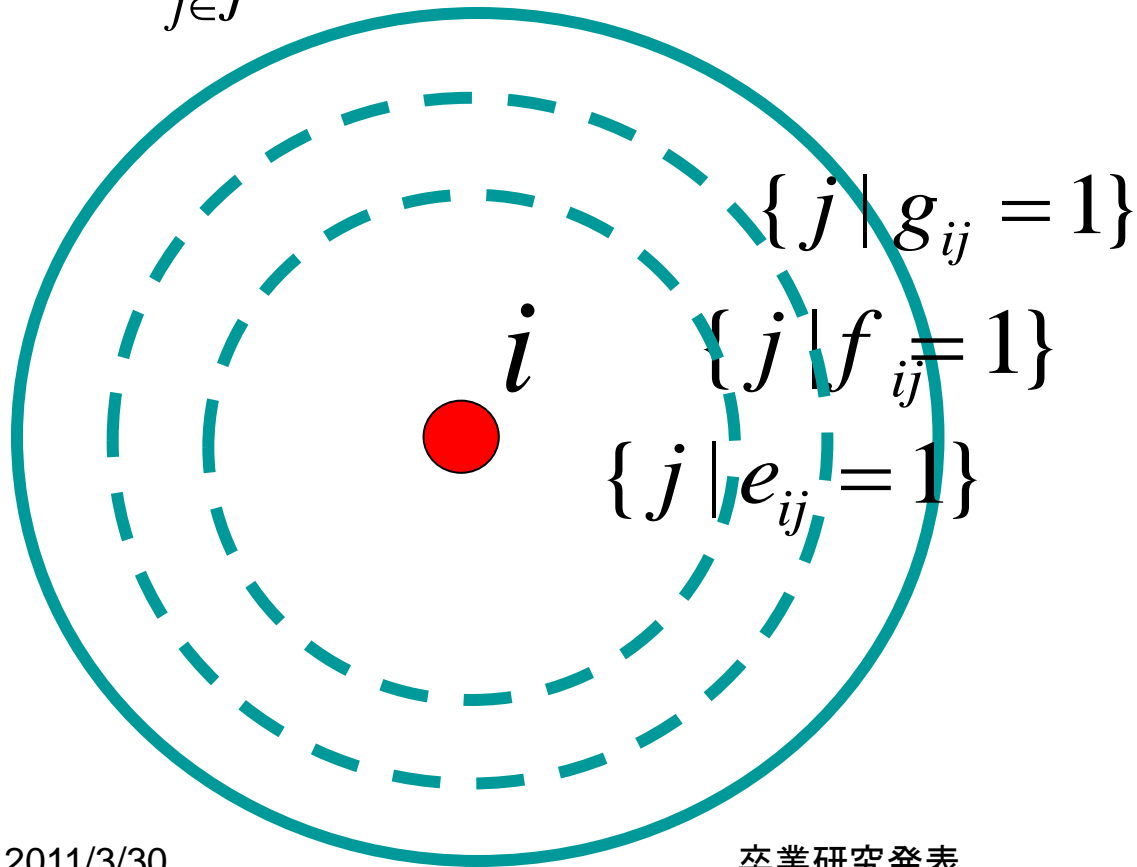
$$\sum_{i \in I} Q_i (g_{ij} - f_{ij}) x_{ij} \leq R w_j, \forall j \in J \quad (5)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq 1 \quad (6)$$

$$u_j, v_j, w_j \in \{0, 1, 2, \dots\} \quad (7)$$

5.7 制約条件(1)

$$\sum_{j \in J} g_{ij} x_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (2)$$



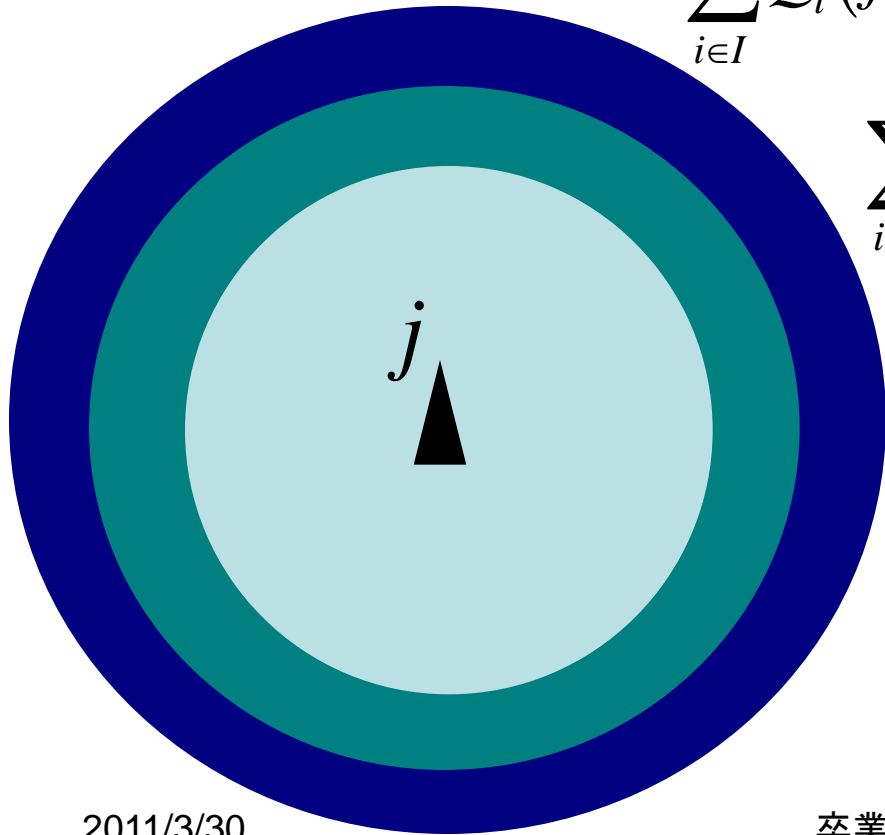
$$g_{ij} \leq f_{ij} \leq e_{ij}$$

5.8 制約条件(2)

$$\sum_{i \in I} Q_i e_{ij} x_{ij} \leq R(u_j + v_j + w_j), \forall j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} Q_i (f_{ij} - e_{ij}) x_{ij} \leq R(v_j + w_j), \forall j \in J \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} Q_i (g_{ij} - f_{ij}) x_{ij} \leq R w_j, \forall j \in J \quad (5)$$



(3)需要点 $i \in Type1$

(4)需要点 $i \in (T2 \cap \overline{T1})$

(5)需要点 $i \in (T3 \cap \overline{T2})$

6.1 数値実験概要

$$I = 2304$$

$$\sum_{i \in I} Q_i = 5084$$

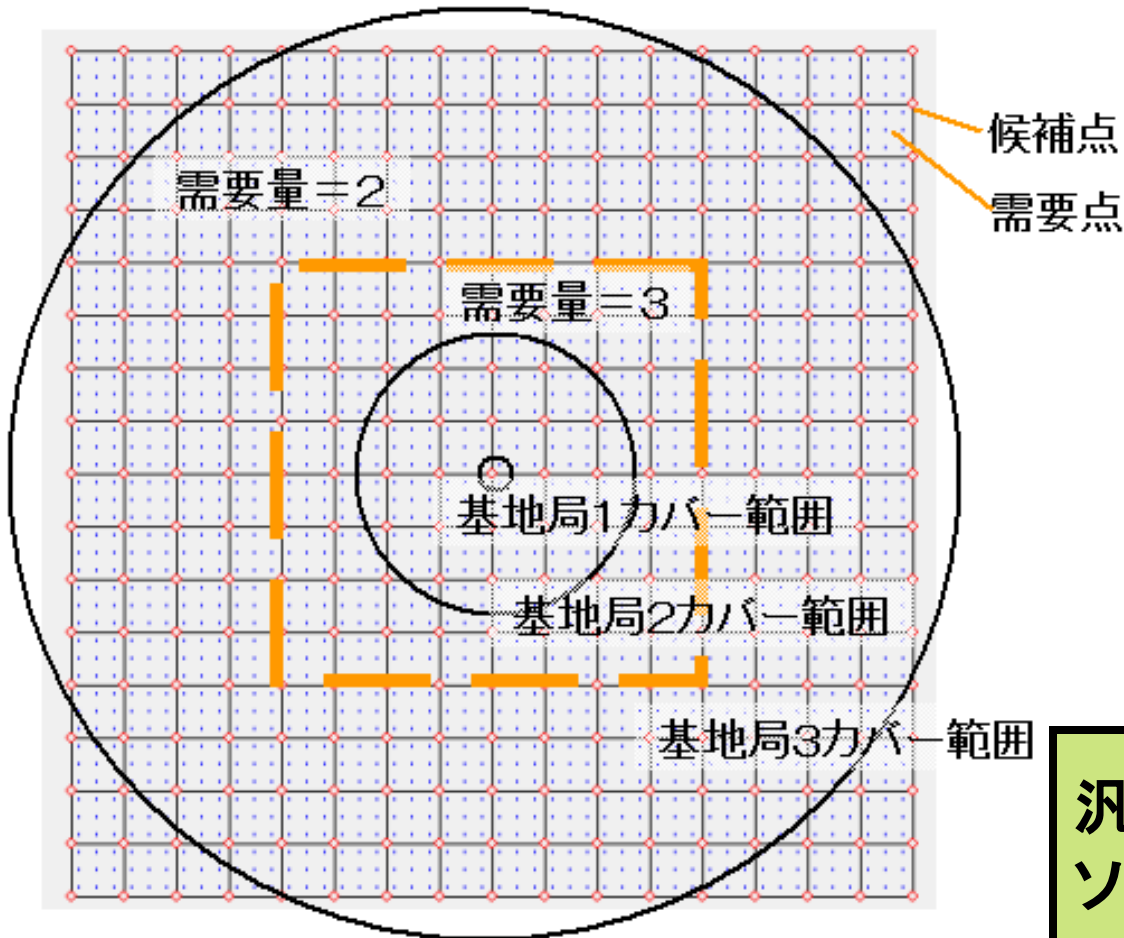
$$J = 289$$

$$A = 5$$

$$B = 30$$

$$C = 100$$

$$R = 50$$



汎用混合整数計画問題
ソルバーgurobi[3]で求解

図4: 実験概要図

6.2 実験結果(1)

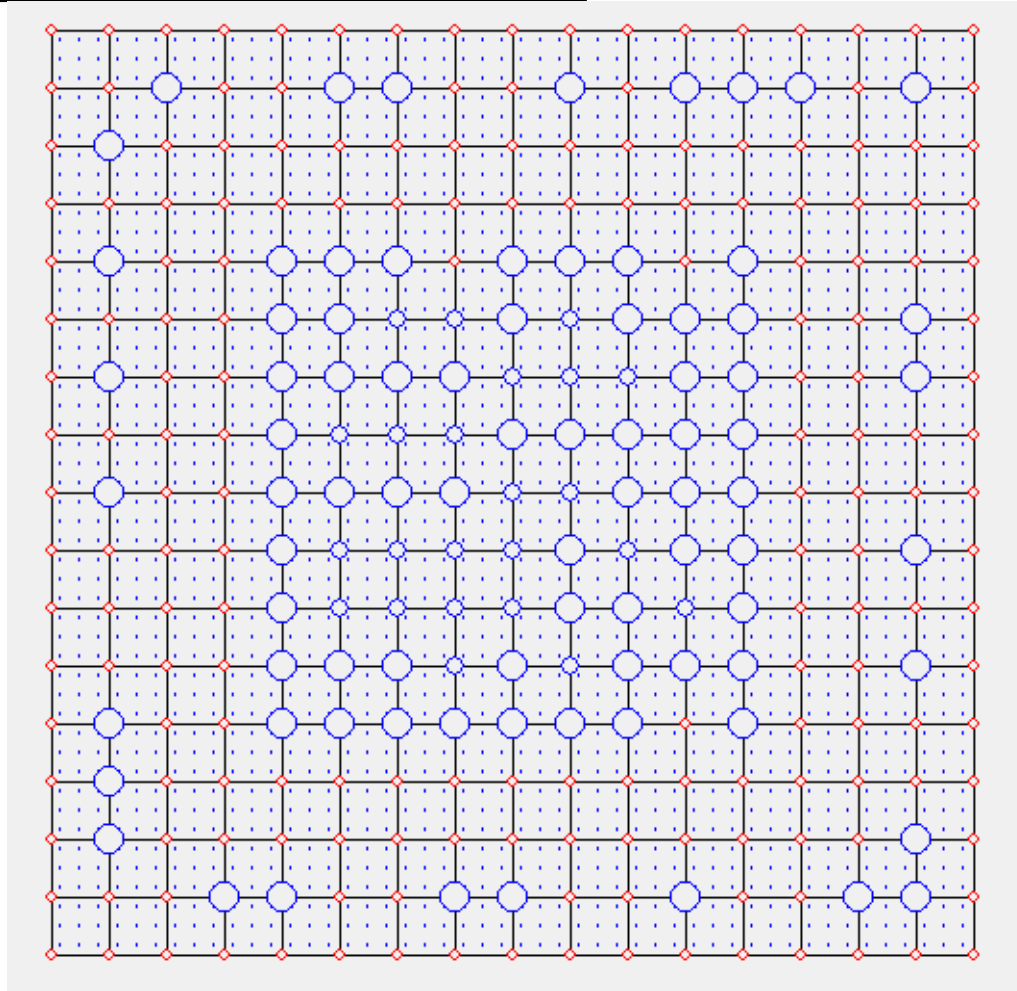


図5: 配置結果図

6.3 実験結果(2)

表2: 実験結果表

需要量(中心部, 外側)	①(2, 3)	②(3, 4)
総需要量	5084	7488
基地局1	25	133
基地局2	85	91
基地局3	0	0
総設置費用	2575	3395
計算時間(秒)	190.3	209.74

7.1 まとめ

携帯基地局の配置において、需要を満たし設置費用が最小となる基地局を配置するモデルを数理問題として定式化し、汎用ソルバーを用いて解を求めた。

数値実験により、提案したモデルは今後の基地局配置計画において、より少ない費用で基地局種類、配置の決定をする際の参考になるものと考える。

7.2 今後の課題

基地局の配置候補点にも制約を設ける.

基地局の通信半径の重なりによる通信容量の減少を考慮する.

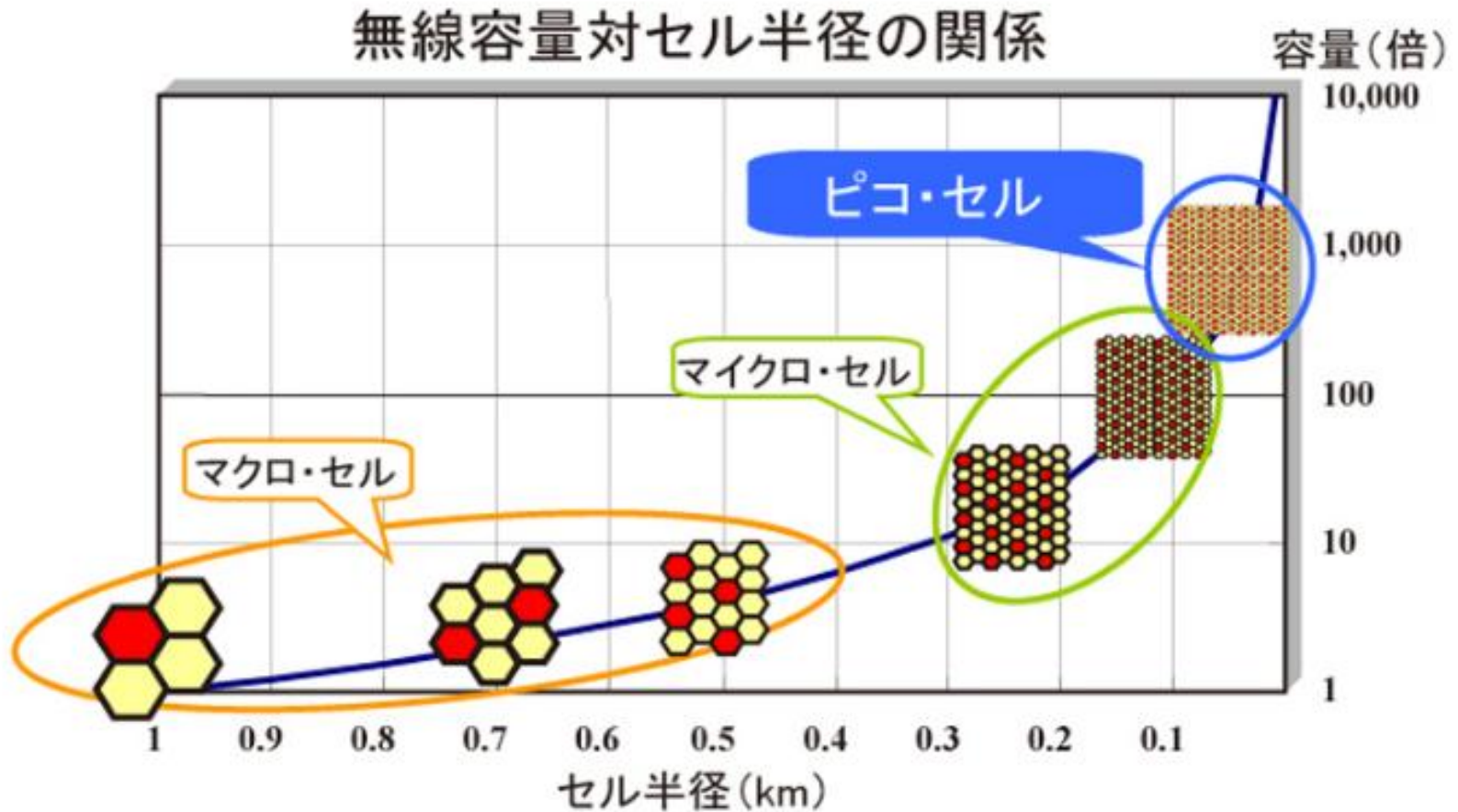
実データを用いたシミュレーションを行う.

参考文献

1. 総務省:情報通信統計データベース,
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin02.html> (最終閲覧日2011/1/14)
2. Cisco Visual Networking Index: 全世界のモバイル データトラフィックの予測 2009 ~ 2014 年アップデート
http://www.cisco.com/web/JP/solution/isp/ipngn/literature/white_paper_c11-520862.html(最終閲覧日 2010/10/25)
3. gurobi, <http://www.gurobi.com/> (最終閲覧日 2010/12/30)
4. WBB FORUM
<https://wbb.forum.impressrd.jp/feature/20080926/684?page=0%2C0>
(最終閲覧日2010/10/25)
5. 高橋美佐, 山田孝子, 高橋幸雄: ユーザー人口の偏在を考慮したIMT-2000システムの基地局配置方策について, 信学技報, vol.102, No.51, pp.7-12(2002)

ご清聴ありがとうございました

付録1 セルの通信容量[4]



付録2 参考論文[5]のデータ

対象エリア	(14km × 17km)		
需要数	20万人		
	Type1(大)	Type2(中)	Type3(小)
基地局通信半径	2km	0.4km	0.02km
基地局通信容量	携帯電話50台分		

付録3 分子カット法

- 下界値の改善によって無駄な列挙を大幅に省くことができる.

