

# 災害時に被災者を発見する方式の検討

## Researches on a discovering method of victims in a disaster

093430022 鄭 議  
渡邊 晃研究室

### 1. はじめに

地震などの災害が発生した場合、建物が倒壊するなどして通信ができなくなることがある。また、被災者は瓦礫に埋まって動けなくなることがある。そのため救済活動において、素早く被災者のいる位置を知ることは重要である。一般的な手法として、超音波探知機や救助犬を用いる方法がある。しかし、これらの方法は、特殊な免許や人材が必要である。そこで本稿では、人を捜すのではなく携帯電話を捜す方法を検討する。携帯電話は誰もが持っており、携帯電話を探すことにより、被災者を捜すことが可能と考えられるためである。

携帯電話を探す方法として、周りに無線メッシュネットワークの AP を設置する方法が検討されている。文献(1)では AP が携帯電話からの信号の強度を測定し、携帯電話の位置を推定する方法が提案されている。しかし、この方法では瓦礫などの影響で、具体的な位置推定が困難になるという課題がある。

文献(2)では、AP がこの電波を指向性アンテナで受信することにより、AP に対する携帯電話の方向を知る方法が提案されている。しかし、この方法においても、障害物による電波のマルチパスの影響、電波の反射波、透過波などにより、電波方向が正しく把握できないという課題がある。

そこで本稿では、文献(1)と文献(2)の両者を併用することにより位置推定の精度を向上させる方法を提案する。

### 2. 既存技術

#### 2.1 電波強度により位置を推測する方式

##### 2.1.1 原理

(1) 無線メッシュネットワークの AP を多数配置する。各 AP は同じ時刻に同じ携帯電話が定期的に発する位置登録の電波の強度を検出する。

(2) 電波強度を取得したら、以下の自由空間伝搬損失方程式により伝送距離  $d$  が計算できる。

$L[\text{dB}] = 32.4 + 20\log f + 20\log d$ .  $L$ : 電波損 [ dB ],  $d$ : 伝播距離 [ Km ],  $f$ : 周波数 [ MHz ]

(3) 計算した伝送距離  $d$  より図 1 に示すような円を描く。円の交点から携帯電話の位置範囲を推定する。

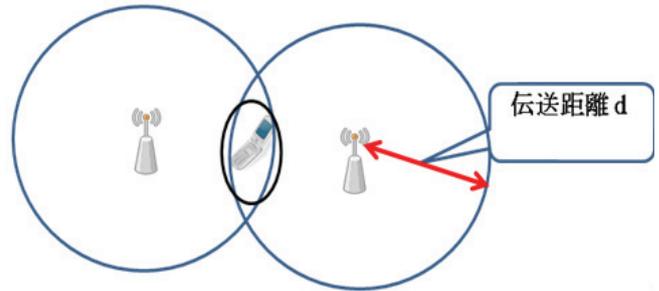


図1 電波強度により位置を推測する方式

#### 2.2 電波の方向により位置を推測する方法

##### 2.2.1 原理

(1) 指向性アンテナを利用し、携帯電話からの電波強度の強い方向を検出する。各 AP に複数の指向性アンテナを設置する。各方向からの電波強度を測定して、そこで一番強い電波強度の方向を求める。

(2) 2台以上の AP が推測した方向の交点上に携帯電話があるものと推測する。

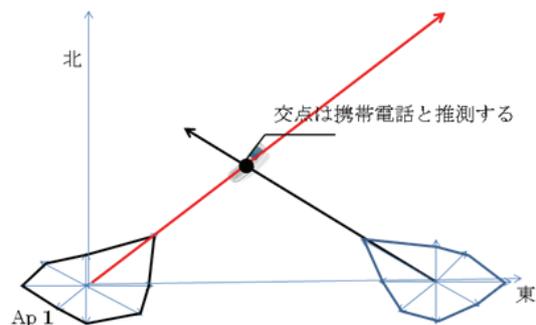


図2 電波の方向により位置を推測する方式

### 3 提案方式

上記いずれの方式も障害物などがあると正確な位置を推定することができない。そこで推定精度を上げるために上記二つ方法を組み合わせる。

まず、電波強度により携帯電話の範囲を推定し、次に電波の方向に係る情報を用いて精度を向上する。さらに複数の AP の情報から携

携帯電話の場所を推定した点の平均値を求めて最終的な携帯電話の位置とする

## 4 提案方式の実験

### 4.1 実験の器具と場所

AP を携帯電話と見立てて実験を行った。携帯電話には 800MHz 帯と 2.0GHz 帯があり、一般的には 2.0GHz 帯が広く使われている。そこで 2.0GHz 帯に近い無線 LAN IEEE802.11g を使用した。PC 端末には指向性アンテナである BUFFALO の WLE-MYG を使用した。

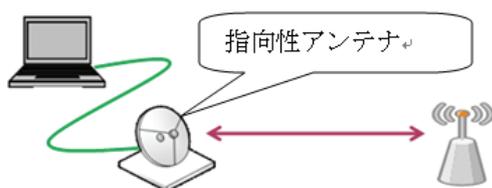


図3 実験の器具

本方式による実験を以下の条件で行った。測定環境は名城大学2号館前の花畑とした。花畑には電柱と木と石がある。APの指向性アンテナを0°から30°ずつ変えていき、それぞれ20秒間測定し平均を求めた。

### 4.2 実験の結果

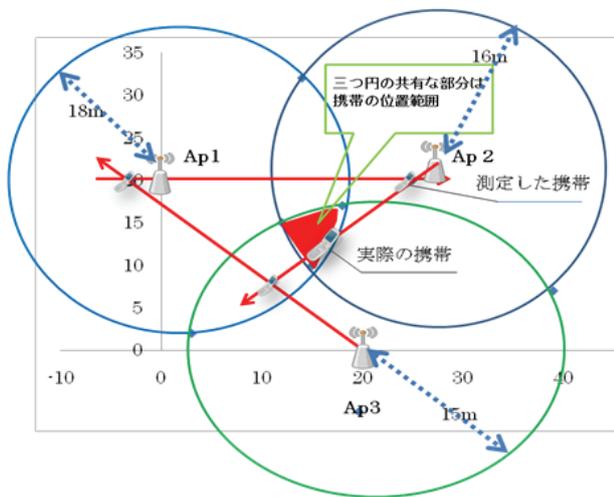


図4 実験の結果

図4測定結果を示す、図4において円の交点は電波強度による方法で得られた推定位置、直線の交点は電波方向による方法で得られた推定位置である。

今日の実験では、電波方向による推定は誤差が大きい、精度向上にはつながらなかった

今度は AP の数を増やすなどして、精度を上げることを検討する必要がある。

### 4.3 シミュレーション

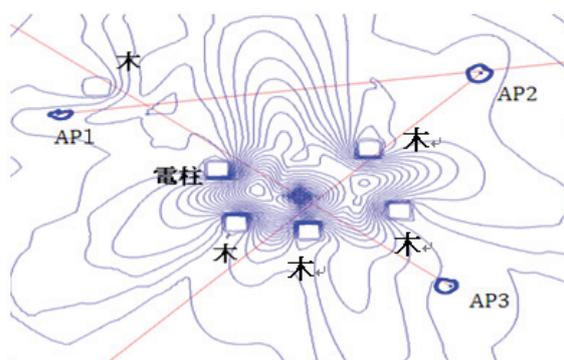


図5 シミュレーションの結果

電波の方向を推定するシミュレーションプログラムを用いて同様の環境をシミュレーションした。図5にシミュレーションの結果を示す。この結果においても障害物があると電波の方向が変わることがわかる。電波の方向から位置を推定するには AP を多数設置して平均を取る必要があることがわかる。

## 5 終わりに

電波強度と電波の方向の両者から携帯電話の位置を推定する方式を提案した。また実験とシミュレーションの結果を示す。

### 参考文献

- [1] 大西鈴花：災害時において救助者と被災者の迅速な通信を可能とする方法の提案，2008 年度東海支部大会論文集，pp. - (2008).
- [2] 河合辰夫：災害発生時に被災者を迅速に発見する方法の提案
- [3] 伊藤将志：無線メッシュネットワーク“WAPL”の提案とシミュレーション評価，情報処理学会論文誌，pp. 1234-1246，(2008)
- [4] 佐藤弘和：無線 LAN の受信電波強度分布間類似度による方向推定手法，情報処理学会論文誌，pp. 51-62，(2006)
- [5] 清水達也：携帯型電波到来方向探知機と無線公衆インフラを用いた簡易な無線位置追跡(Fox Hunting)システムの一提案，電子情報通信学会技術研究報告，pp. 91-96，(2004)
- [6] 大平孝：携帯型電波到来方向探知機，電子情報通信学会技術研究報告，pp. 87-90，(2000)
- [7] vistumbler  
<http://www.vistumbler.net/>
- [8] 自由空間伝搬損失の方程式  
<http://www.geocities.jp/jhq9520/rosA.htm>

# 災害時に被災者を発見する方式 の検討

渡邊 研究室

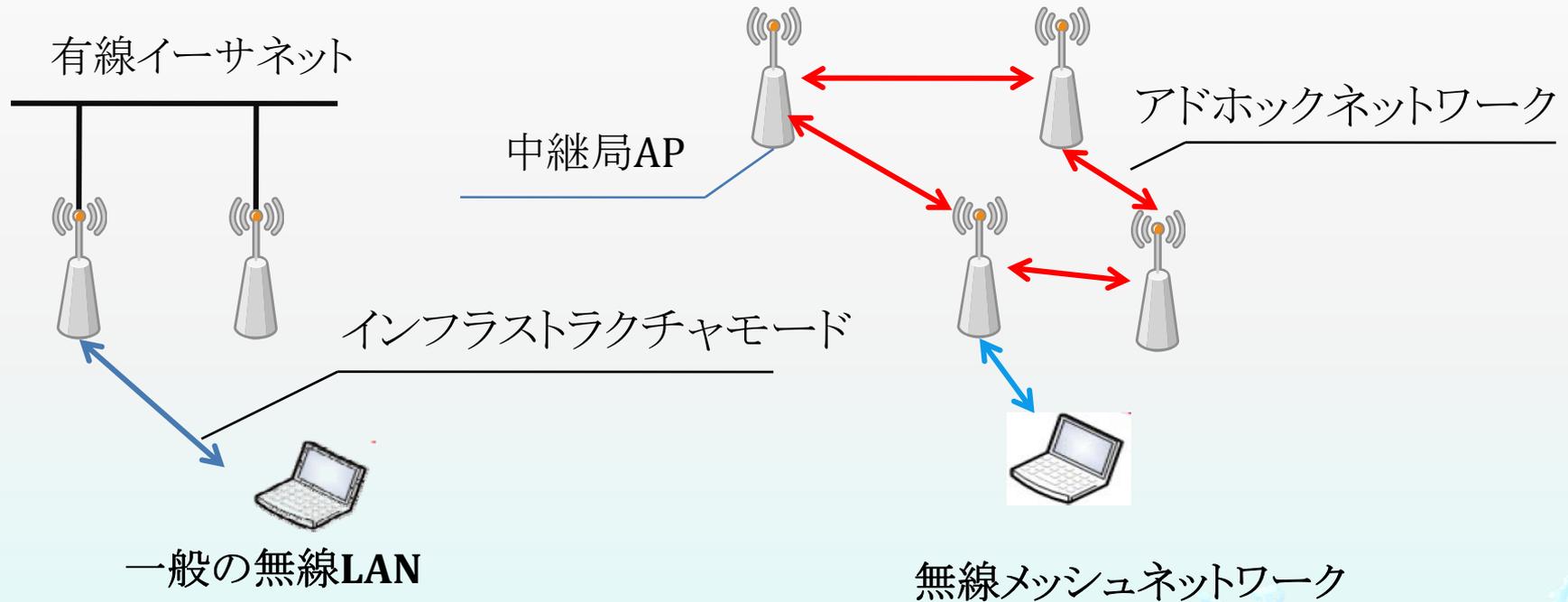
093430022 鄭 議

# 研究背景

- ◆ 災害が起こると、建物が倒れたりして通信ができなくなる.
- ◆ 建物の下敷きなどにより、行方が分からない人の発見が難しい.
- ◆ 現在基本的に携帯電話を一人一台ずつ持っている. 携帯電話を探せば人がいると判断できる.
- ◆ 無線メッシュネットワークを使って、携帯電話から取得した情報を収集して携帯電話の位置を推定できる.

# 無線メッシュネットワークとは

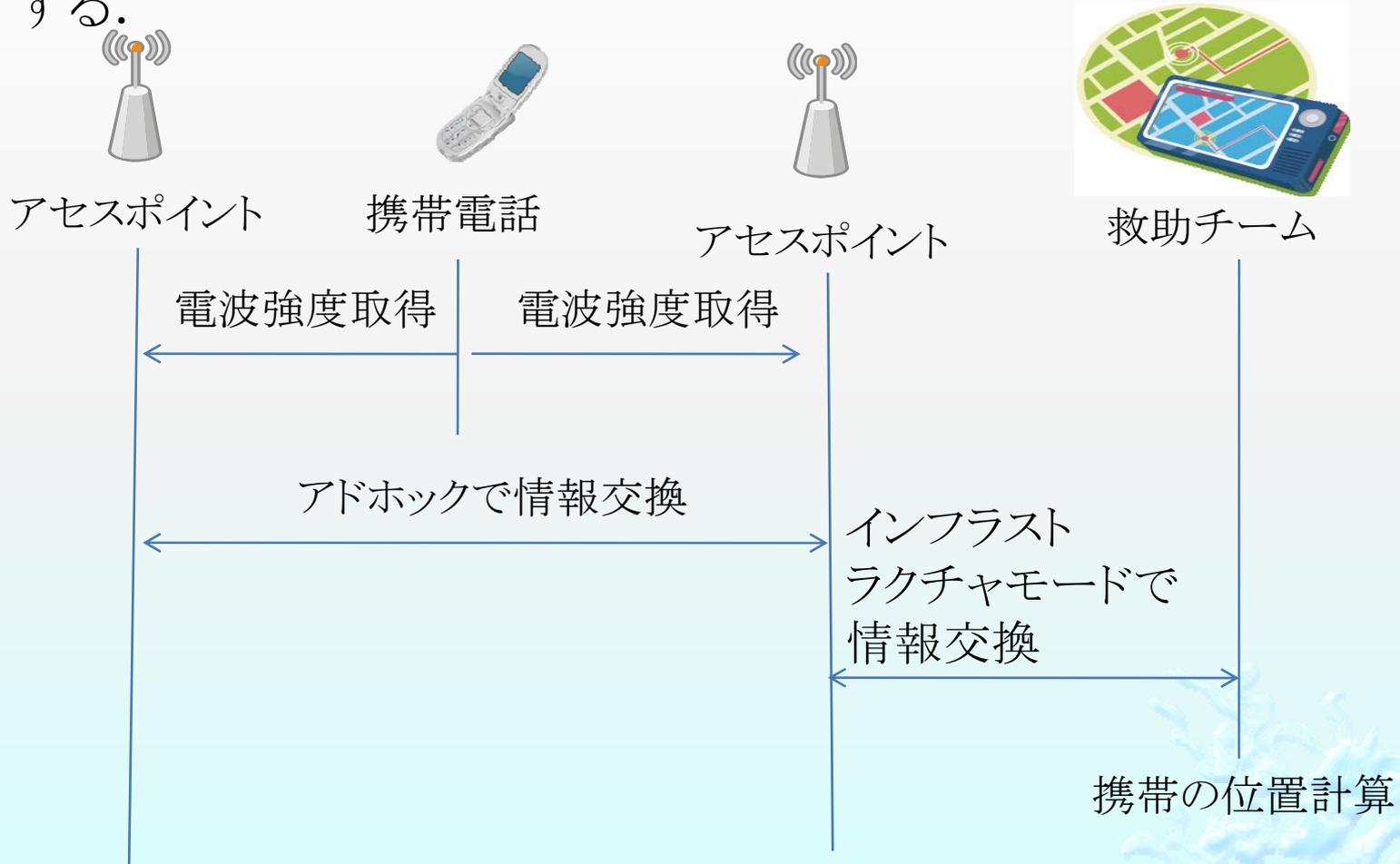
- ◆ AP (Access Point) 間はアドホックネットワーク
- ◆ AP-端末間はインフラストラクチャモードで通信



- ◆ 無線メッシュネットワークでは配線が不要である。従って災害時にAPを複数設置するだけでネットワークを復旧できる。

# 無線メッシュネットワークを利用した被災者の発見方法

- ◆ 無線メッシュネットワークのアセスポイントを被災地に多数配置する.



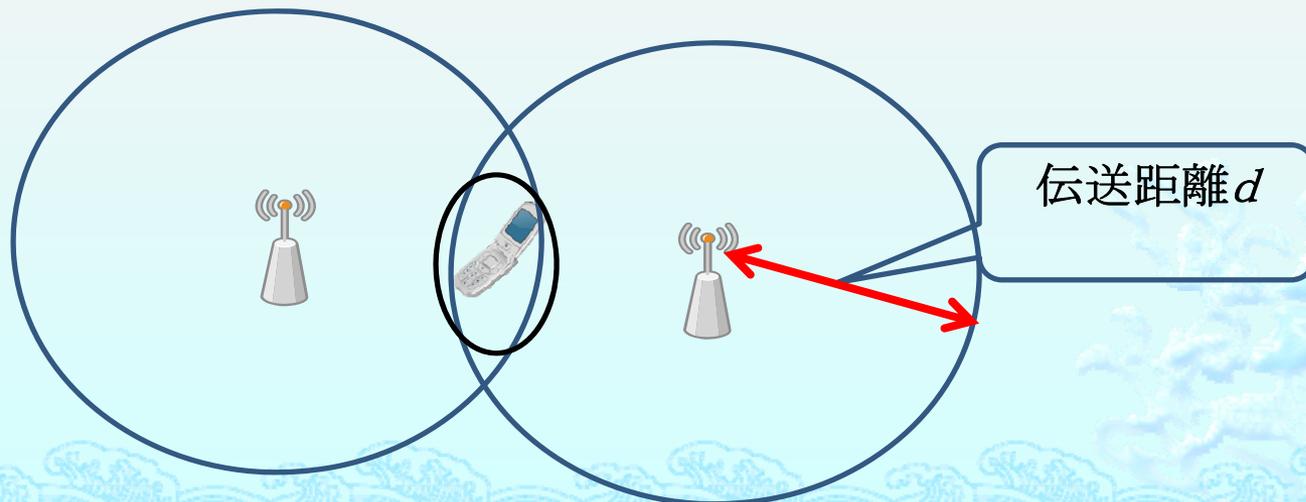
# 方式1：電波強度により位置を推定する方式

- ◆ 自由空間伝搬損失の方程式は

$$L[\text{dB}] = 32.4 + 20\log f + 20\log d$$

⇒  $L$  : 電波損 [ dB ],  $d$  : 伝播距離 [ km ],  $f$  : 周波数 [ MHz ]

- ◆ 各APは携帯電話が定期的に発する位置登録の電波を検出する。
- ◆ 方程式によって、電波強度を取れば、伝送距離  $d$  が得られる。
- ◆ 伝送距離  $d$  より円を描く。複数の円ができると円の交点ができる。これより携帯電話の位置範囲を推定する。



# 実験1の器具

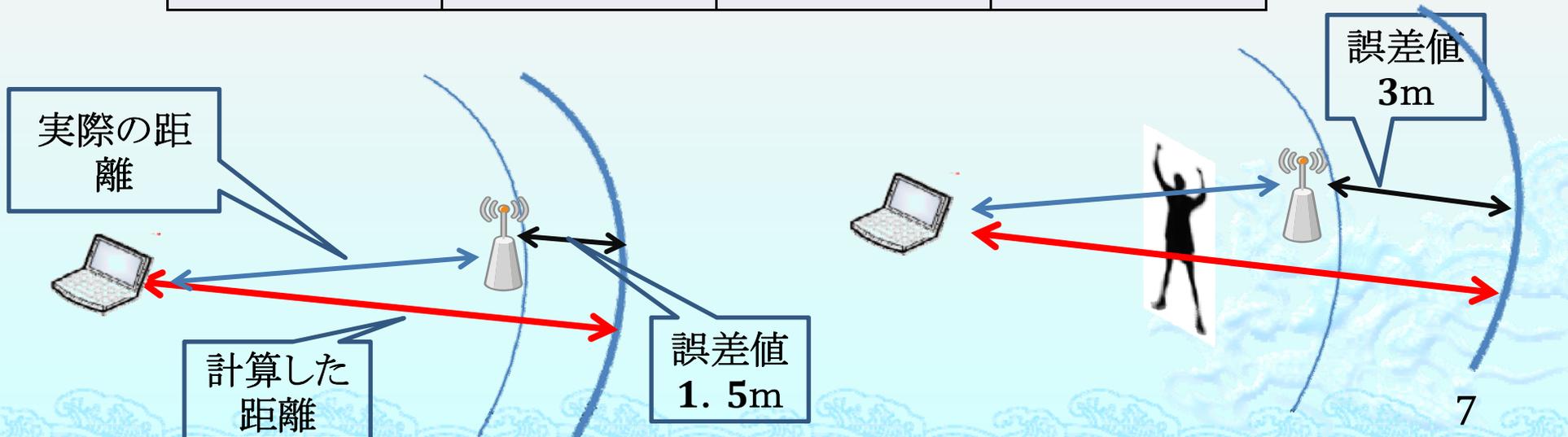
- ◆ APを携帯電話と見立てて実験を行った. 携帯電話には800MHz帯と2.0GHz帯があり, 一般的には2.0GHz帯が広く使われている. そこで2.0GHz帯に近い無線LANの通信の一つであるIEEE802.11gを使用した.
- ◆ 電波強度測定には強度を可視化できるVistumblerを使用した.



# 実験の場所

- ◆ 大学内の見通しの良い場所を選び、距離を10mとした、20秒間測定しその平均を求めた。また、被災者が瓦礫に埋まることを想定し、電波を出すAPの後ろに人が立った場合も測定した。人とAPの距離は3mである。
- ◆ 結果

	電波損	伝送距離の計算値	実際の距離
人なし	59.63db	11.5m	10m
人がいる	60.69db	13m	10m

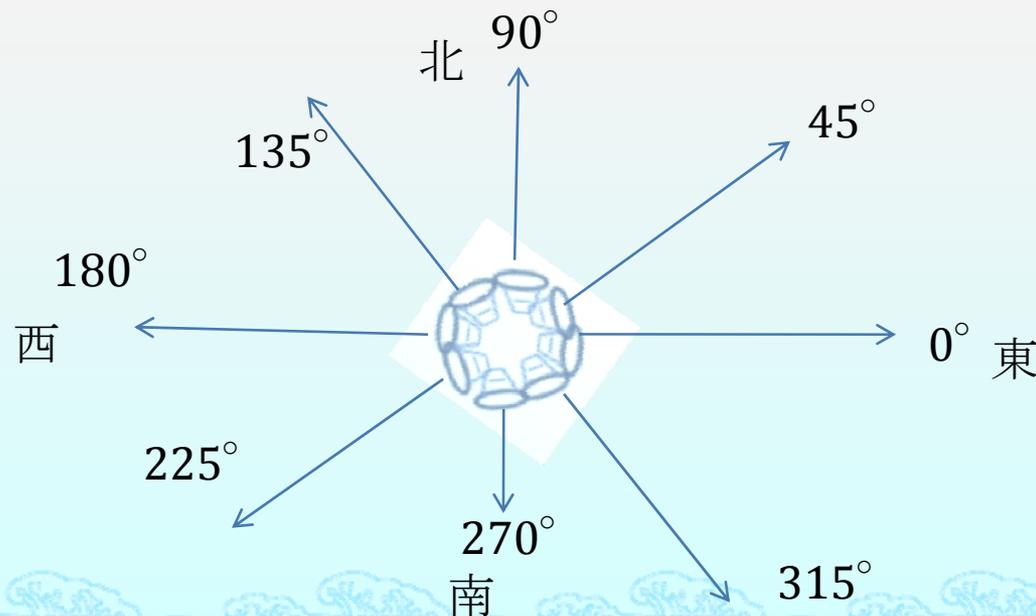


# この方法の課題

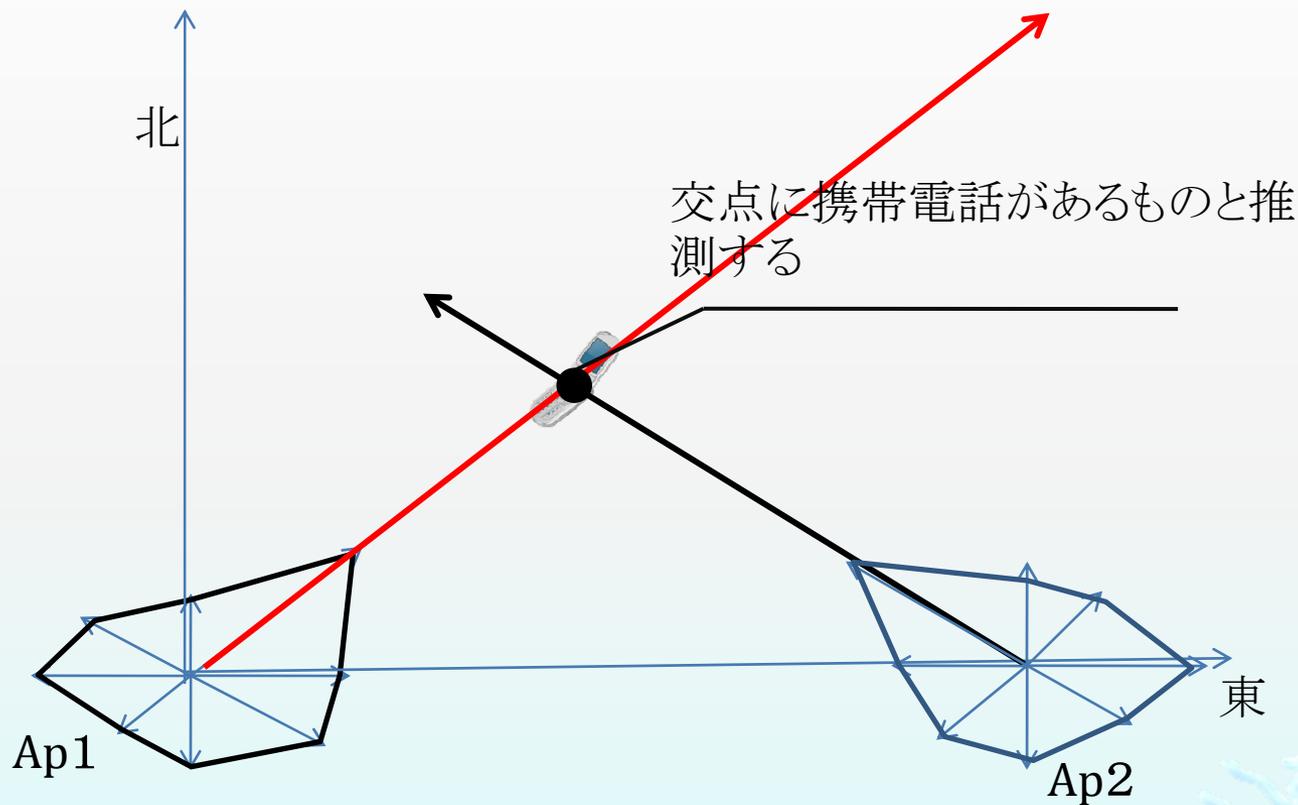
- ◆ 実験から電波強度により計算した伝送距離 (d) には誤差があるし、実際の値より大きい。
- ◆ 伝搬特性は状況により変わる。災害の時に、障害物が不規則にし、電波損が大きくなる。そのため誤差が大きくなる可能性がある。

# 方式2: 電波の方向を見つける方式

- ◆ 指向性アンテナを利用し, 電波強度の強い方向を検出する.
- ◆ 同時に測定しないと電波強度が変わる可能性がある. そこで各方位に複数の指向性アンテナを設置する.
- ◆ 本文では8個の指向性アンテナを設置する. そして, 各方向から電波強度を測定し, 一番強い電波強度の方向に携帯電話があると判断する
- ◆ 方位は, 基準アンテナが東に対してずれている角度を示す. アンテナの数が8個とすると $45^\circ$ ずつ方向の異なる情報を同時に収集することになる



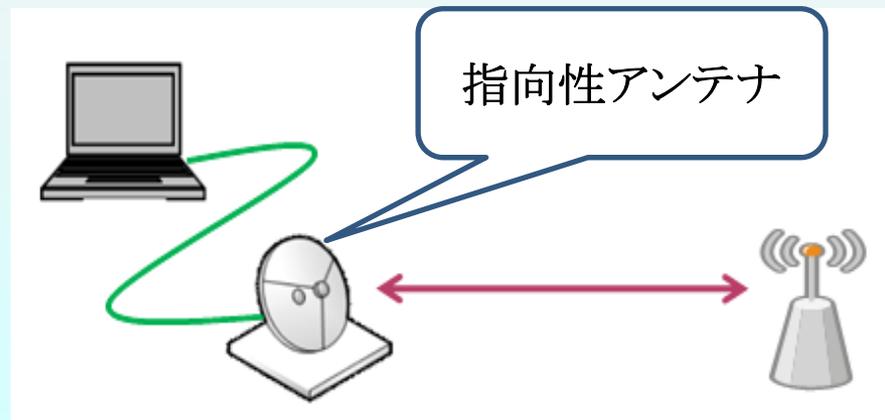
# 位置の計算



2台以上のAPが推測した方向の交点上に携帯電話があるものと推測する。

# 実験2

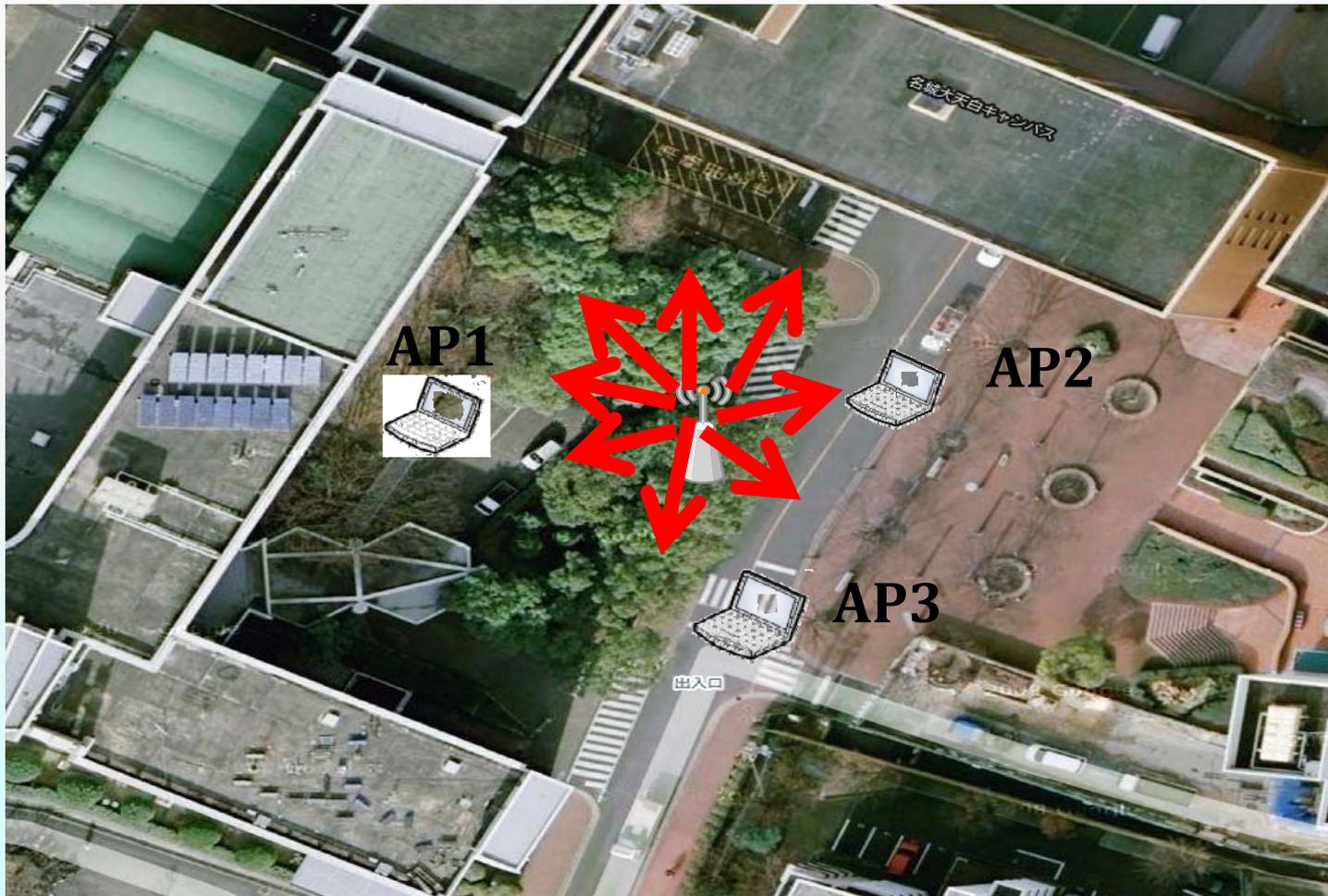
- ◆ 実験2の場所:本方式に係るを行った測定環境は大学2号館前の花畑とした.
- ◆ 実験内容:指向性アンテナを $0^{\circ}$  から $30^{\circ}$  ずつ変えていき,それぞれ20秒間測定し平均を求める.
- ◆ PC端末には指向性アンテナであるBUFFALOのWLE-MYGを使用した.
- ◆ その他の実験環境は実験1のと同じ



# 実験2

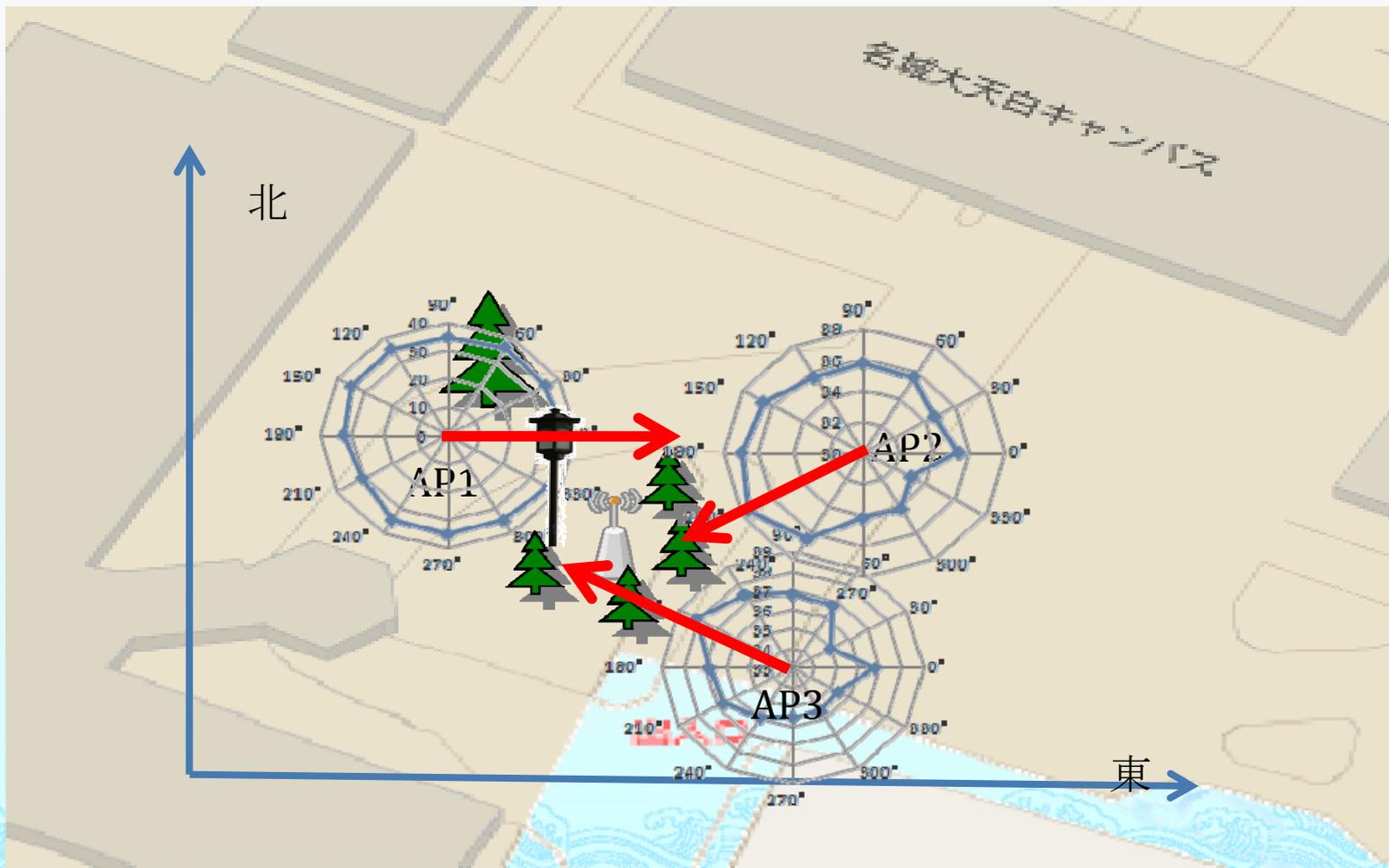
## ◆ 実験の場所の航空写真

送信機を花畑の真ん中に置いた, 測定点はAP1, AP2, AP3とした.



# 実験2の結果

- ◆ 今回の実験による, AP1は正しい位置推定ができなかった. これは近くに障害物があったためと考えられる.



# この方法の課題

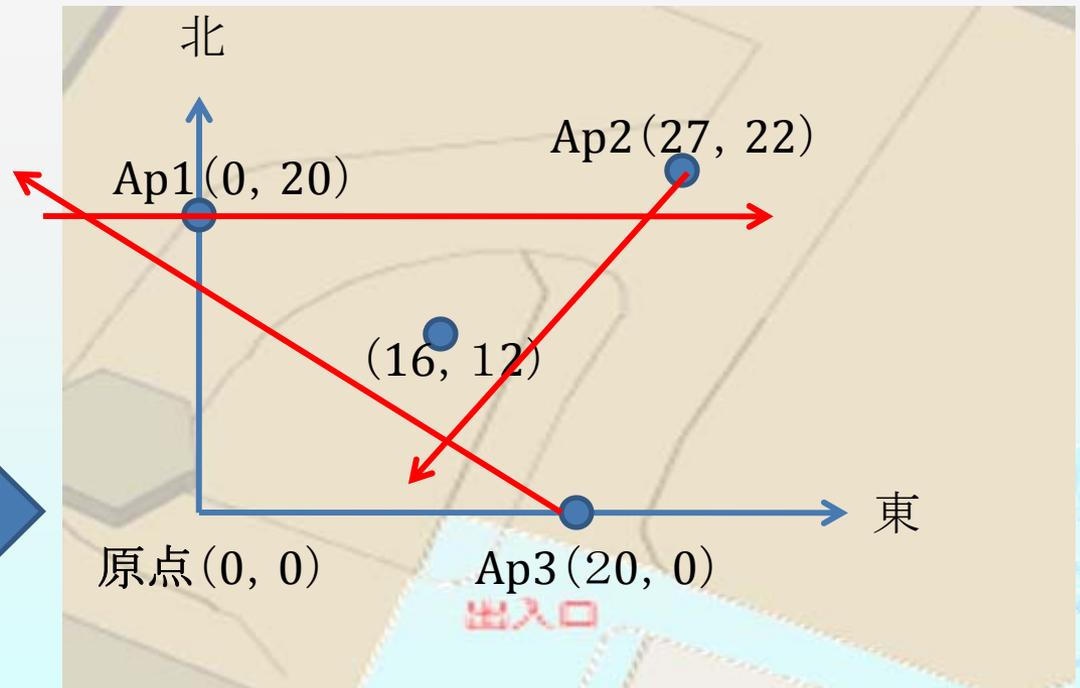
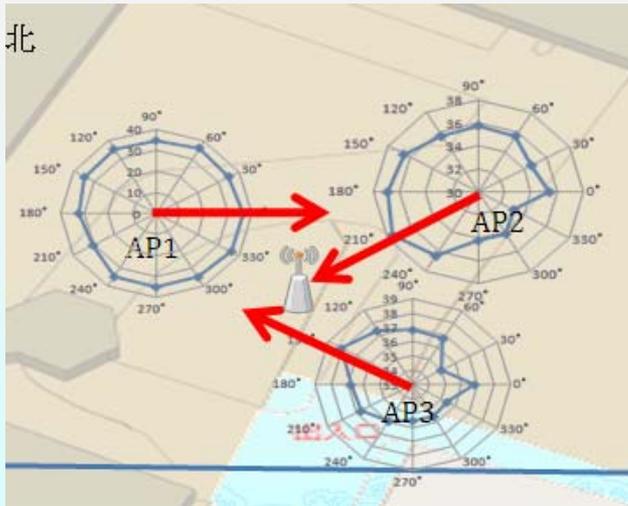
- ◆ 指向性アンテナが8つ必要でシステムコストが高い.
- ◆ 障害物により電波方向が正しくなくなる
- ◆ アンテナの数が8個とすると, 誤差が $45^{\circ}$ と大きい, 精度を上げるためにはアンテナ数を増やす必要がある

# 提案方式

- ◆ 上記いずれの方式も障害物などがあると正確な位置を推定することができない. そこで推定精度を上げるために上記二つ方法を組み合わせて利用する.
- ◆ まず, 電波強度により携帯電話の範囲を推定し, 次に電波の方向に係る情報を用いて精度を向上する. さらに複数のAPの情報から携帯電話の場所を推定した点の平均値を求めて最終的な携帯電話の位置とする

# 実験3

- ◆ 実験2の地形にあわせて座標を自分で作り，原点を確定，送信機と受信機の座標を測定して，実験2のデータを利用して，最終の位置を確定する。



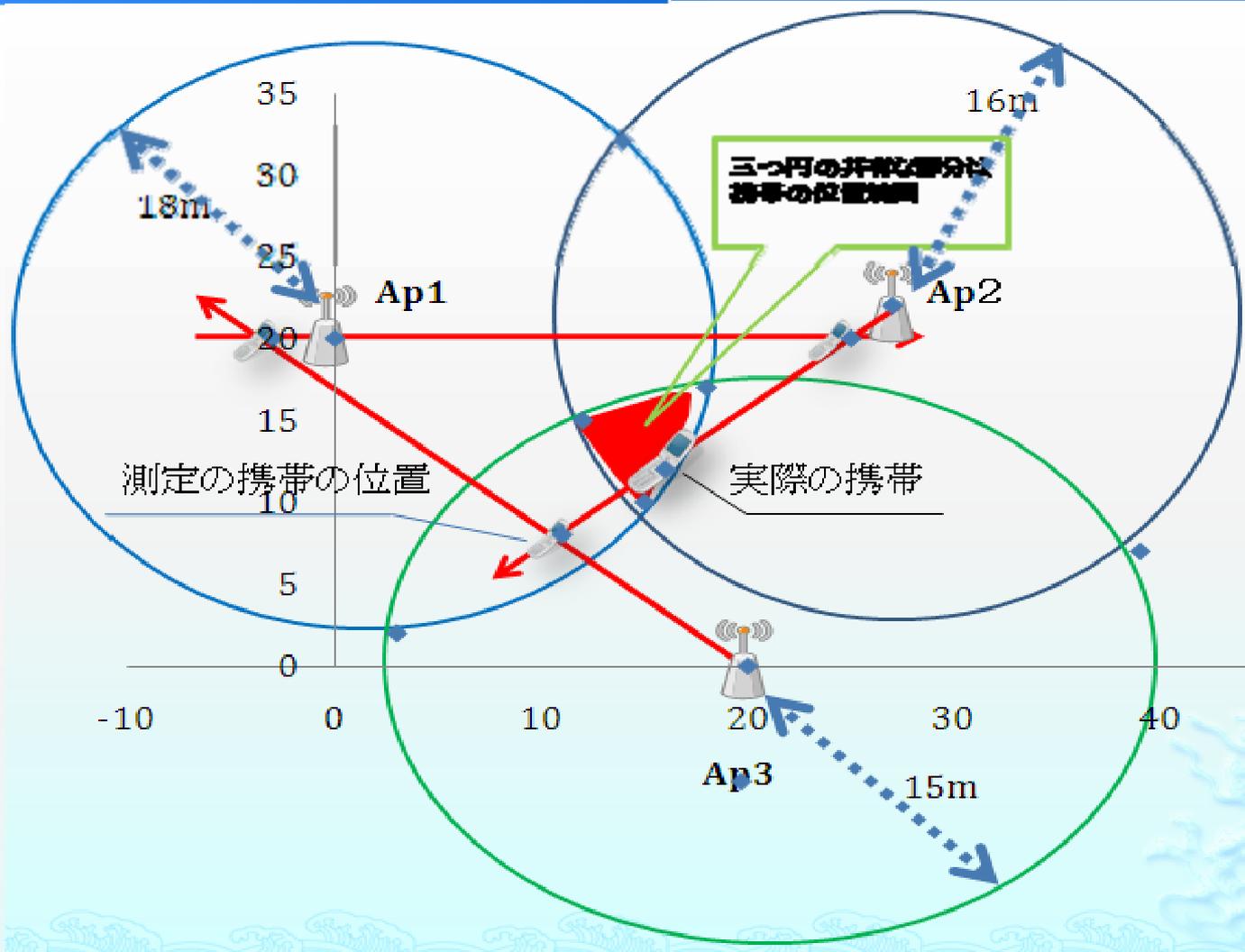
# 実験2のデータ

	電波損	伝送距離 の計算値	座標値	勾配	円の方程式	線の方程式
AP1	63.52db	18m	(0, 20)	$\tan 0^\circ$	$x^2 + (y-20)^2 = 18^2$	$Y=20$
AP2	62.5db	16m	(27, 22)	$\tan 30^\circ$	$(x-27)^2 + (y-22)^2 = 16^2$	$Y=0.866x-1.382$
AP3	61.94db	15m	(20, 0)	$\tan 150^\circ$	$(x-20)^2 + y^2 = 17^2$	$Y=-0.866x+17.32$

◇ 実験のデータから、以下の結果を求めた。

	Ap1とAp2	Ap1とAp3	Ap2とAp3
円と円の交点	(14, 32) (15, 10)	(3, 2) (18, 17)	(39, 7) (12, 15)

	Ap1とAp2	Ap1とAp3	Ap2とAp3
線と線の交点	(25, 20)	(-3, 20)	(11, 8)

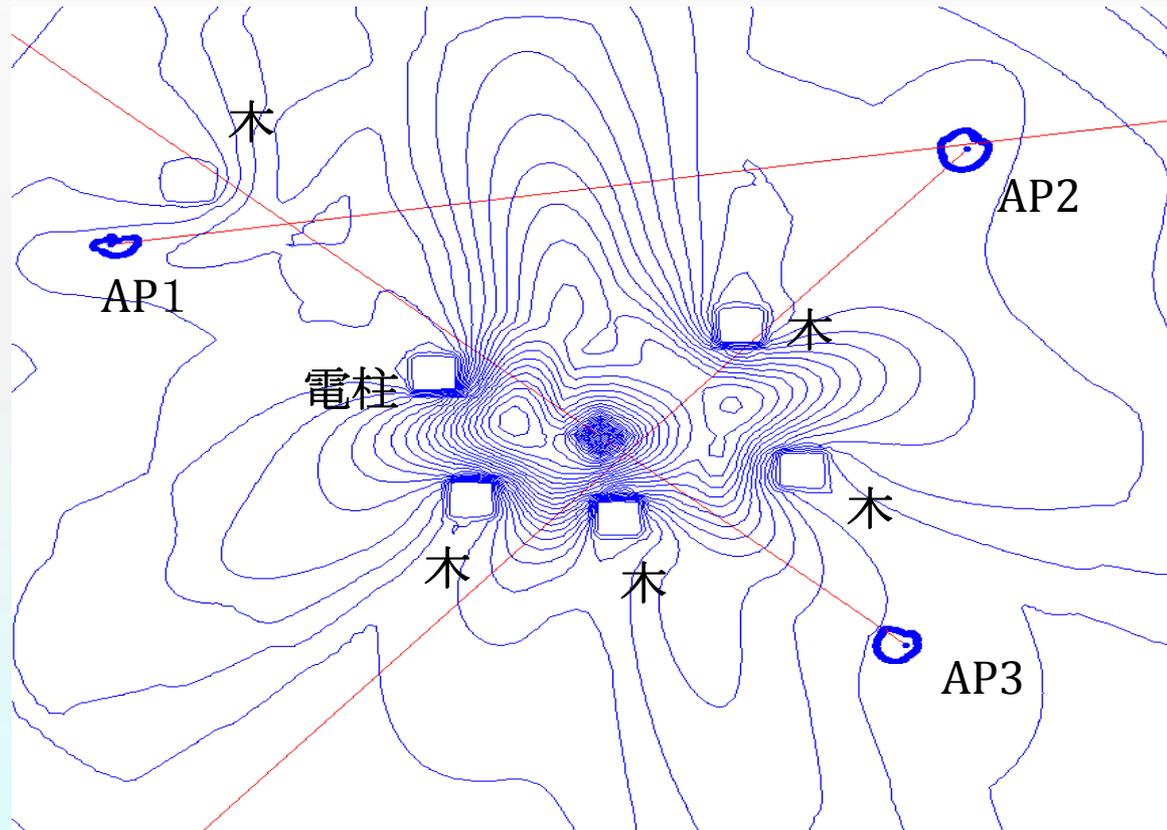


- ◆ 図において円の交点は電波強度による方法で得られた推定位置, 直線の交点は電波方向による方法で得られた推定位置である.
- ◆ 今回の実験では, 電波方向による推定は誤差が大きく, 精度向上にはつながらなかった.
- ◆ 今後はAPの数を増やすなどして, 精度を上げることを検討する必要がある.

# シミュレーション

実験3の同様の環境をシミュレーションした。図にシミュレーションの結果を示す。AP1の近くに木が一本あるため、電波の転送に影響を与えたものと思われる。AP1は正しい位置推定ができなかった。

この結果においても障害物があると電波の方向が変わることがわかる。電波の方向から位置を推定するにはAPを多数設置して平均を取る必要があることがわかる。



# 終わりに

- ◆ 災害時に無線メッシュネットワークでネットワークを構築し, 被災者探しとネットワーク構築を同時に実現できる
- ◆ 被災者を迅速に発見する方法の新規提案を行った
- ◆ 端末には特別なアプリケーションなどがなくても位置を測定することができる