

技術試験の実施結果について

2011年1月26日

事務局

基本性能確認作業

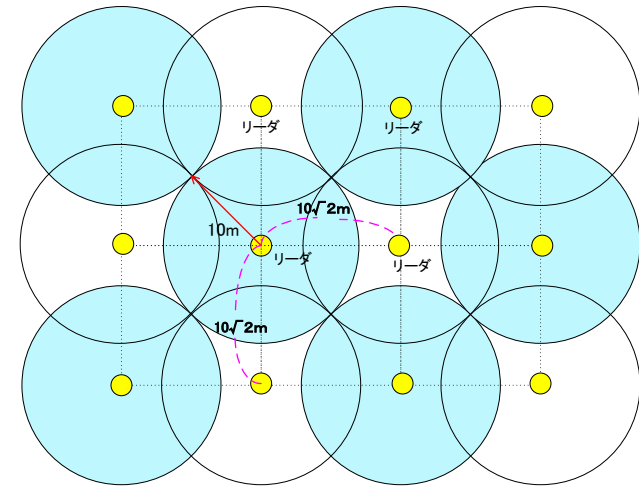
目的・概要

- 目的

- 本調査検討会の目的である、周波数共用条件の導出のためにハイバンドUWBのエリアを確認する。
- OBPで実施の技術試験で使用される機器の基本性能を確認する。

- 概要

- パナソニック会議室(15m×12m:伝搬環境はOBPの技術試験測定場所と類似(方向測定はダイポール、コリニアアンテナ使用))
 - 近距離における遅延プロファイル採取、誤差要因分析
 - 3次元位置測定(距離、アジマス方向、エレベーション方向の測定)確認

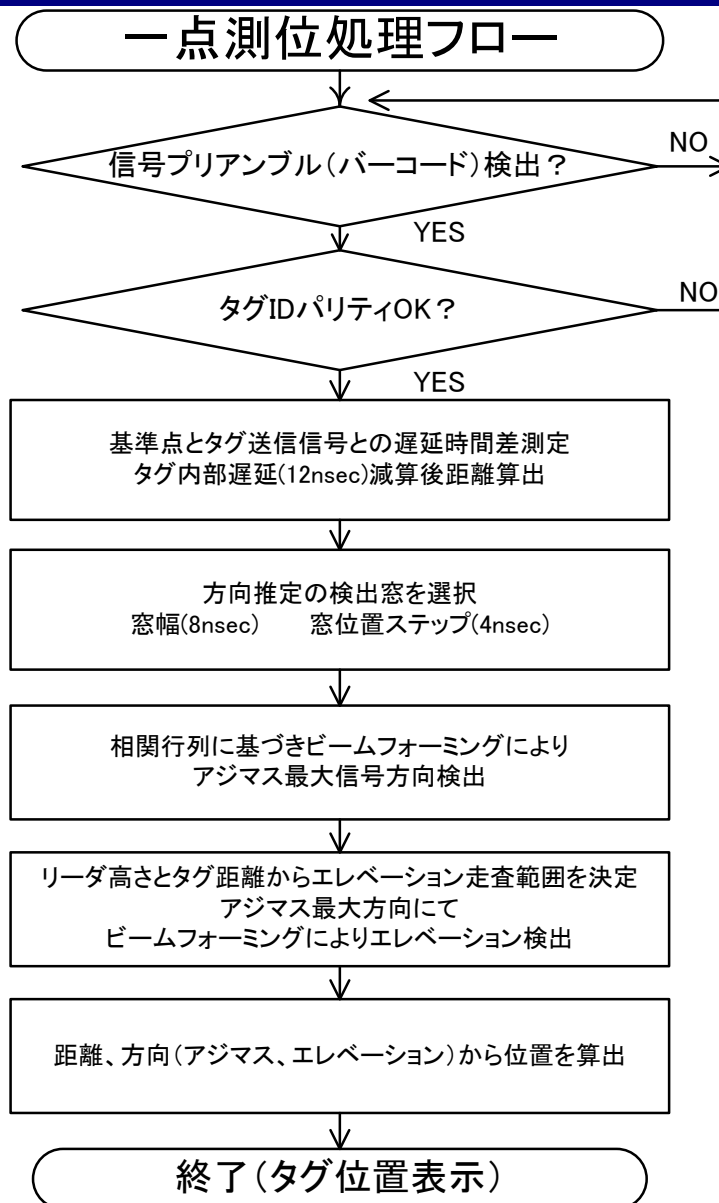


第1回作業班で合意の想定エリア

一点測位処理概略説明

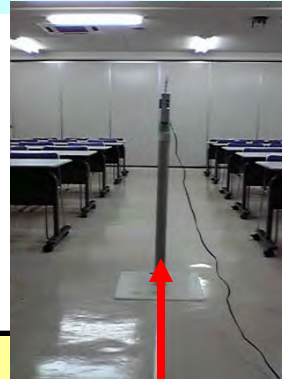
処理の基本的な考え方

- インパルスによる距離測定は精度が高いため、この結果を優先して使用する。
- マルチパス環境下で、狭帯域信号にて電波の到来方向を測定する場合、反射波と混合しないように、距離推定結果に基づき検出窓制御を行う。
- 電波の到来方向推定は、水平面内に並べられたアレイアンテナを用いるためアジマス結果の精度が高い。また、限定された伝搬クラスタ内ではビームフォーミング法が高い精度が得られる
- エレベーションに対しては、リーダ高さと距離測定結果からエレベーション走査範囲を限定して大きな誤差が生じないようにする。

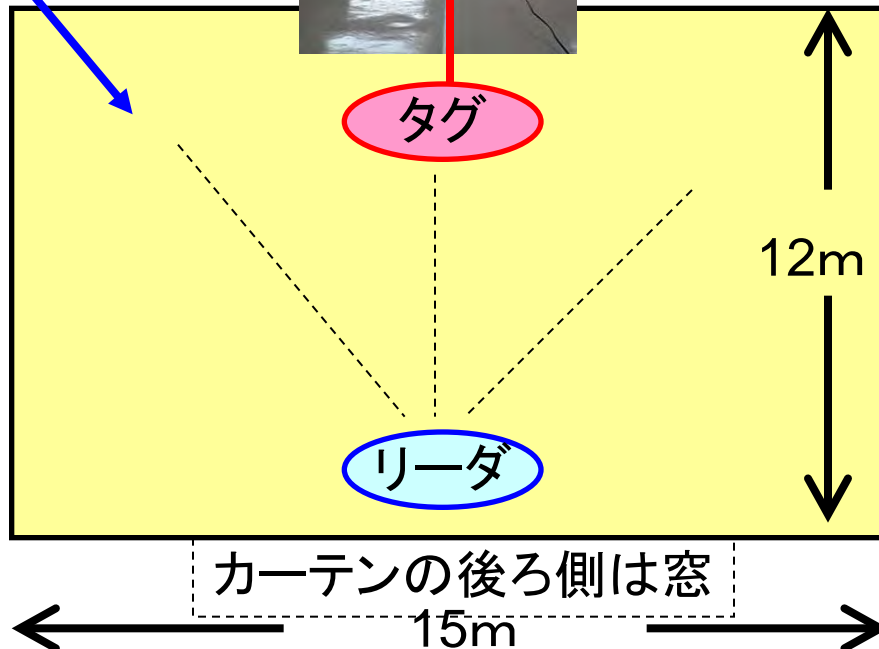
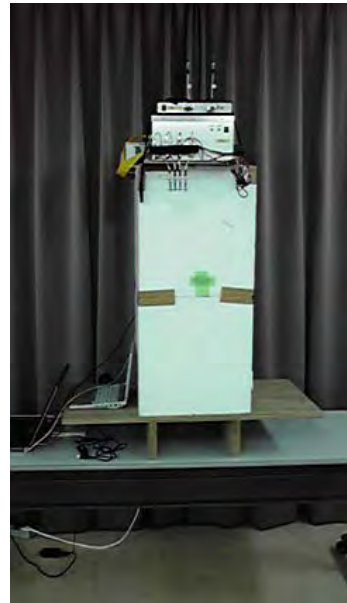


距離・方向測定した環境

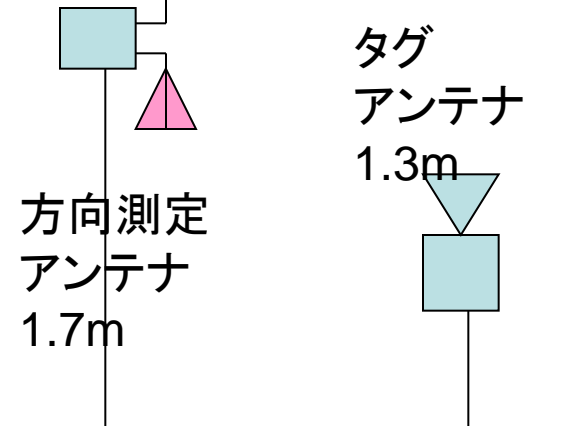
- 技術試験と同等と見られるパナソニック会議室にて、ハイバンドUWBリーダ(親機)を同じ高さに設置 方向測定アンテナは、ダイポール、コリニアを使用
- 0° 、 $\pm 30^\circ$ 方向で10mまで距離測定、方向測定精度を実施
- 0° 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ で方向測定を実施



会議室

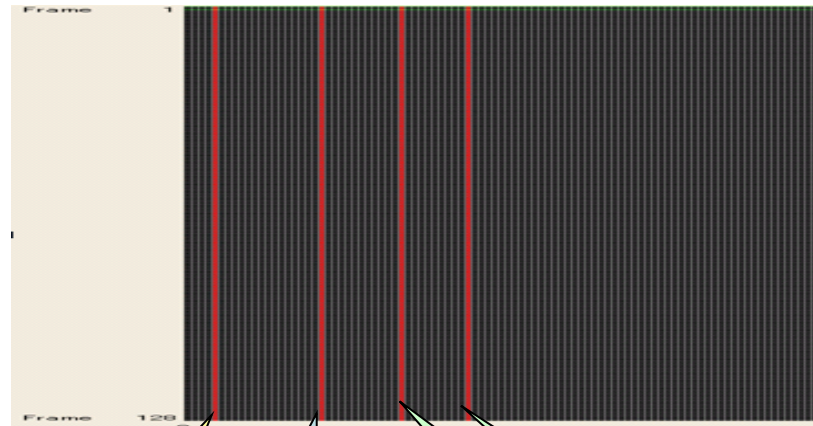
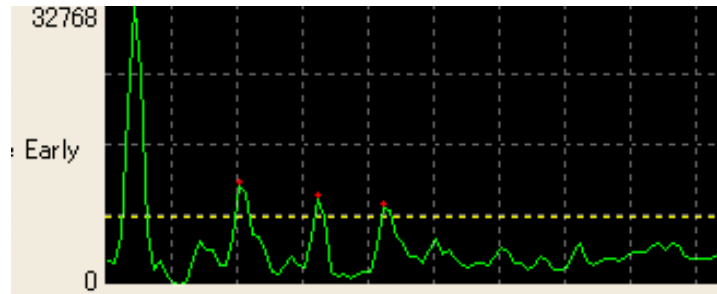


距離測定
アンテナ
2.2m



観測遅延プロフィール(時間軸)

測定場所の遅延プロフィール



タイミング 基準 0nsec (0m)	床反射 16nsec (2.4m)	他の 反射物 28nsec (4.2m)	他の 反射物 38nsec (5.7m)
------------------------------	-------------------------	-------------------------------	-------------------------------

距離測定結果・精度

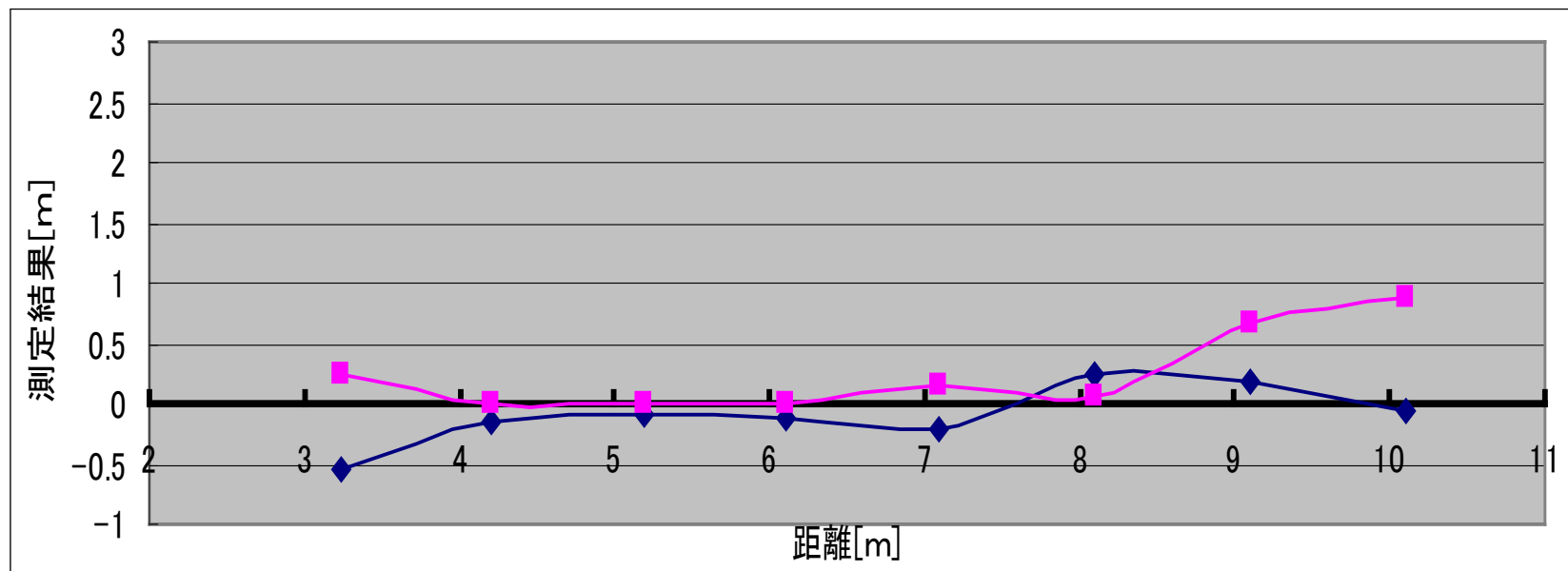
- 距離測定サンプリング数200個(約1分)
- 測定結果
 - 距離誤差:最大50cm(距離3m地点)
 - 標準偏差最大:87cm(距離10m地点)



0度方向

青線 平均誤差

赤線 標準偏差

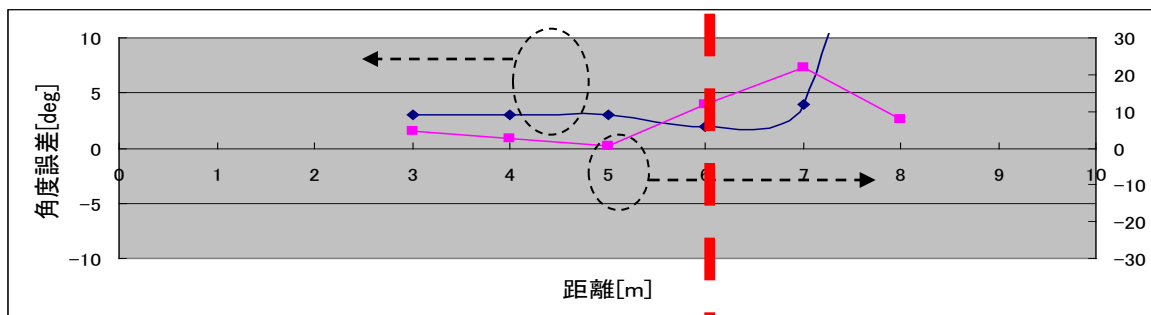


方向測定結果(ダイポール使用)

- アンテナダイポール使用
- サンプルング時間約1分間(200サンプル)
- 方向推定検出窓最大 #21(84nsec)

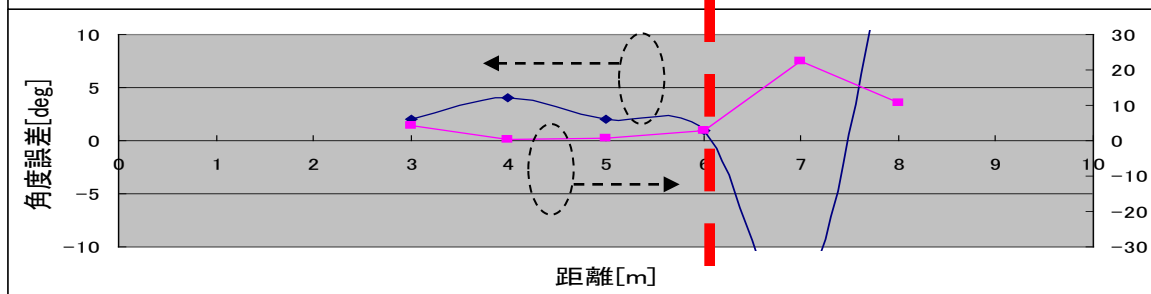


-30度方向 青線:角度誤差
赤線:標準偏差



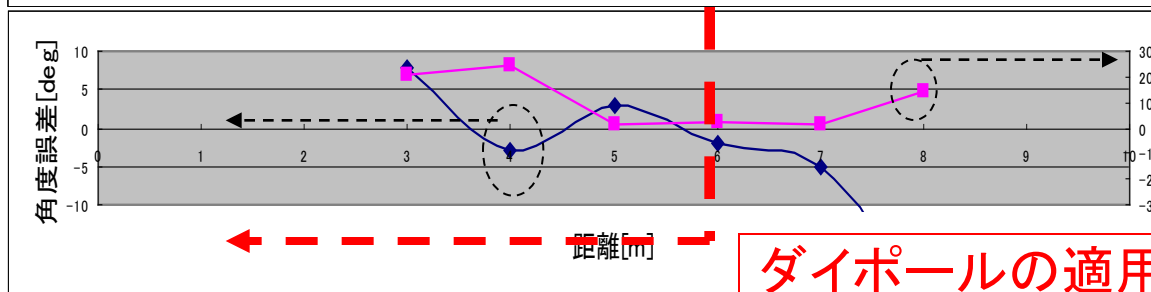
標準偏差[deg]

0度方向 青線:角度誤差
赤線:標準偏差



標準偏差[deg]

+30度方向 青線:角度誤差
赤線:標準偏差

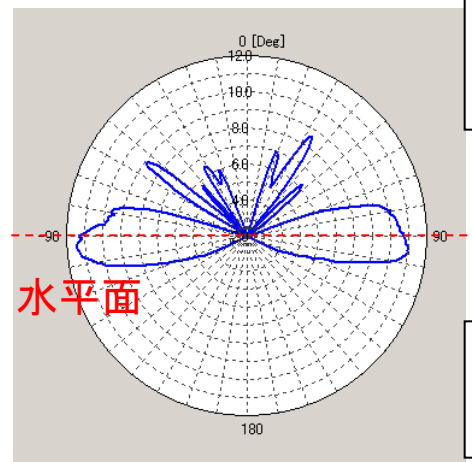
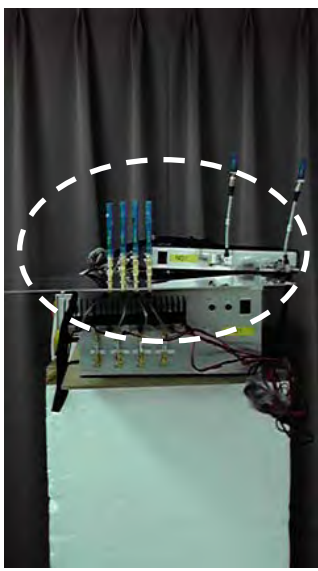


標準偏差[deg]

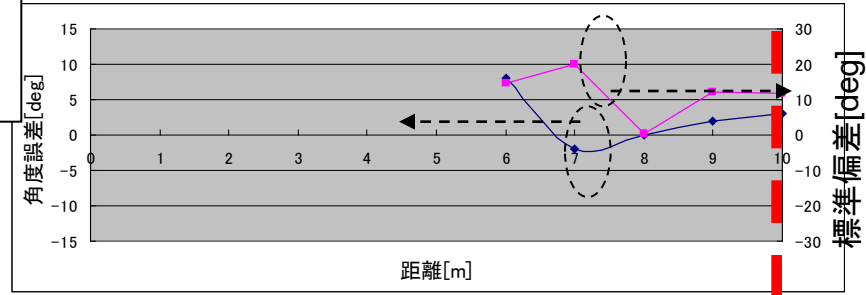
ダイポールの適用領域

方向測定結果(コリニア使用)

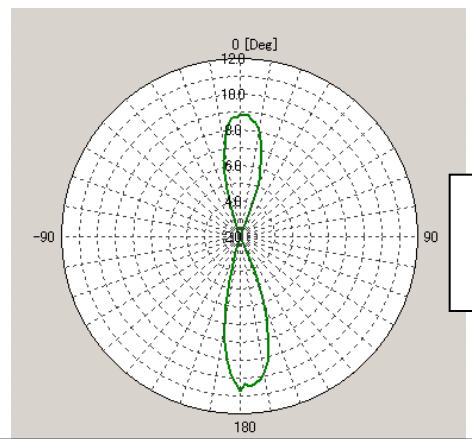
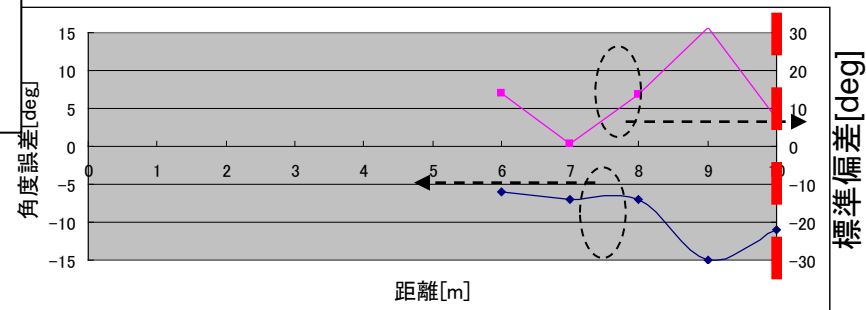
- コリニアアンテナ使用(ダイポール実験との差分条件)
 - コリニアアンテナ(5dBi)を使用、配置上向き(写真、指向性パターン参照) アレイ配置=4素子直線配置素子間隔0.5波長



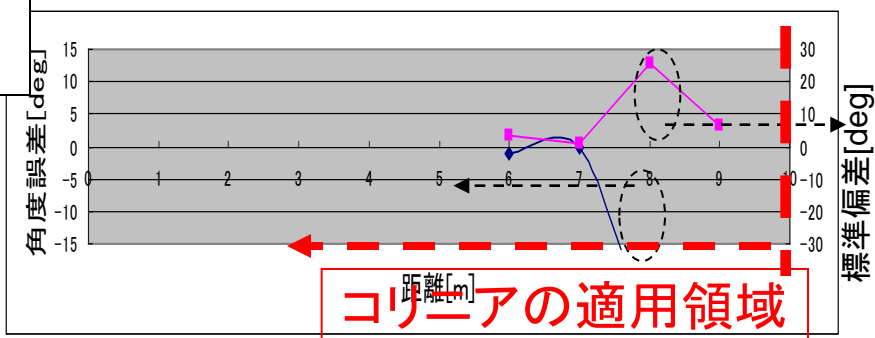
-30度方向
青線:角度誤差
赤線:標準偏差



0度方向
青線:角度誤差
赤線:標準偏差



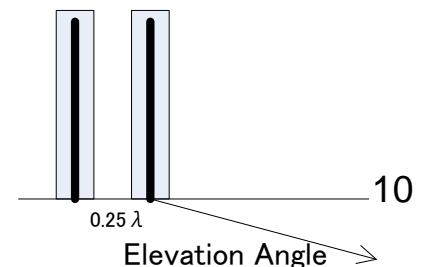
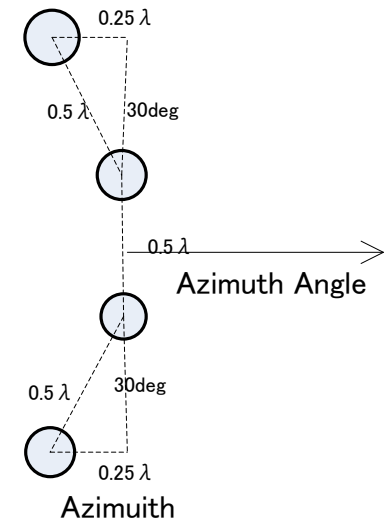
+30度方向
青線:角度誤差
赤線:標準偏差



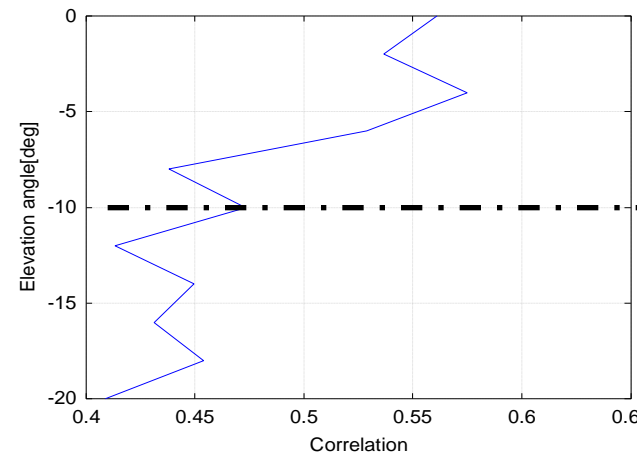
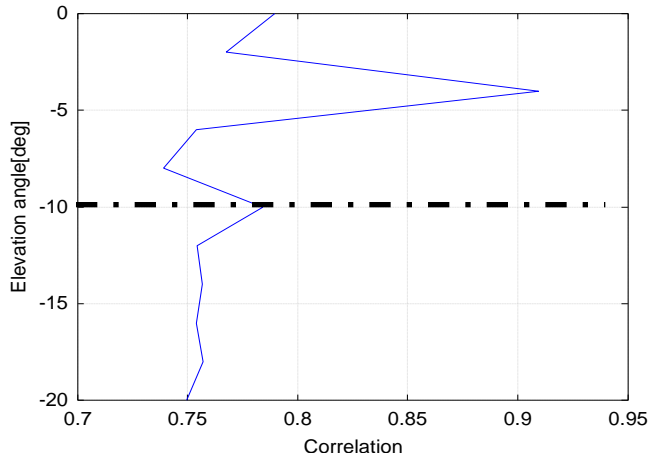
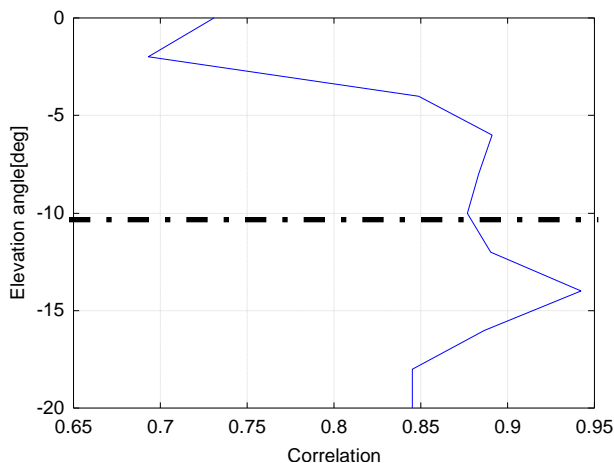
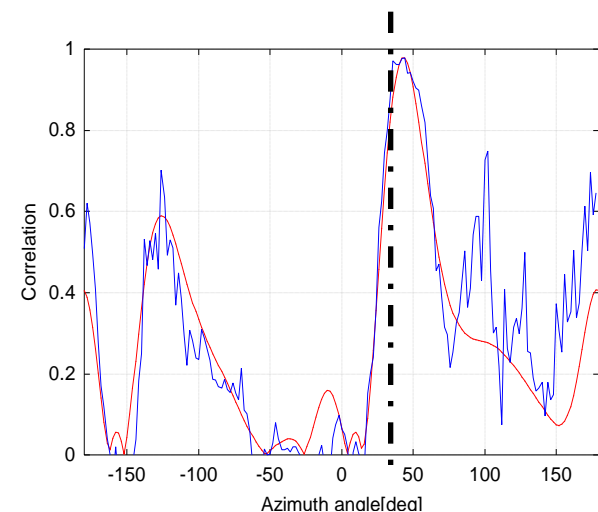
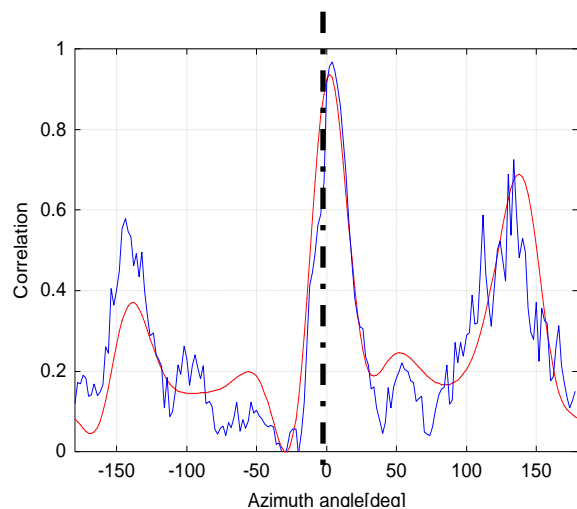
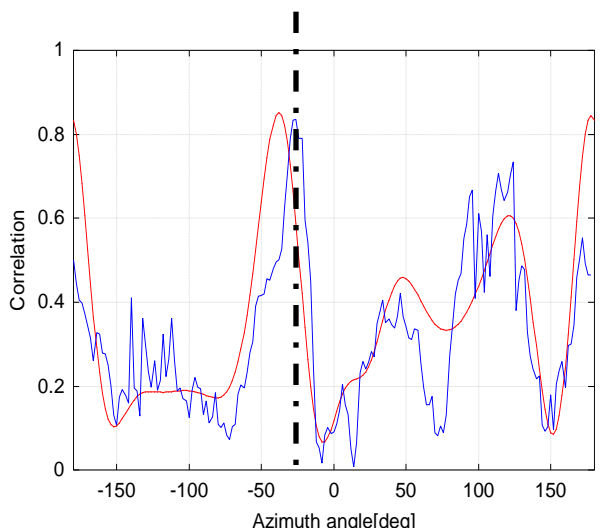
アレイ同相合成時指向性パターン
上図:エレベーション 下図:アジマス

アジマス・エレベーション測定結果を用いた3次元測定 アンテナおよび評価方法に関して

- アンテナ: ± 30 度より大きな範囲およびエレベーションを測定するためにコリニア台形配置アンテナを使用
- 評価:
 - ① あらかじめ電波暗室でアジマス・エレベーションの相関行列データテーブルを取得
 - ② 測定場所の測定相関行列と、テーブルの相関行列の要素ごとの相関値の最大となる角度を測定
 - 理論的には、ビームフォーミングと、相関テーブルの相関を計算する処理は等価である。次ページ以降のグラフ
 - ③ 直線での評価結果から測定結果がもっともよくなると思われる6mの距離にて、アジマス ± 90 、 ± 60 、 ± 30 、0度の各方向で方向測定を実施



方向測定結果 (-30,0,+30deg)

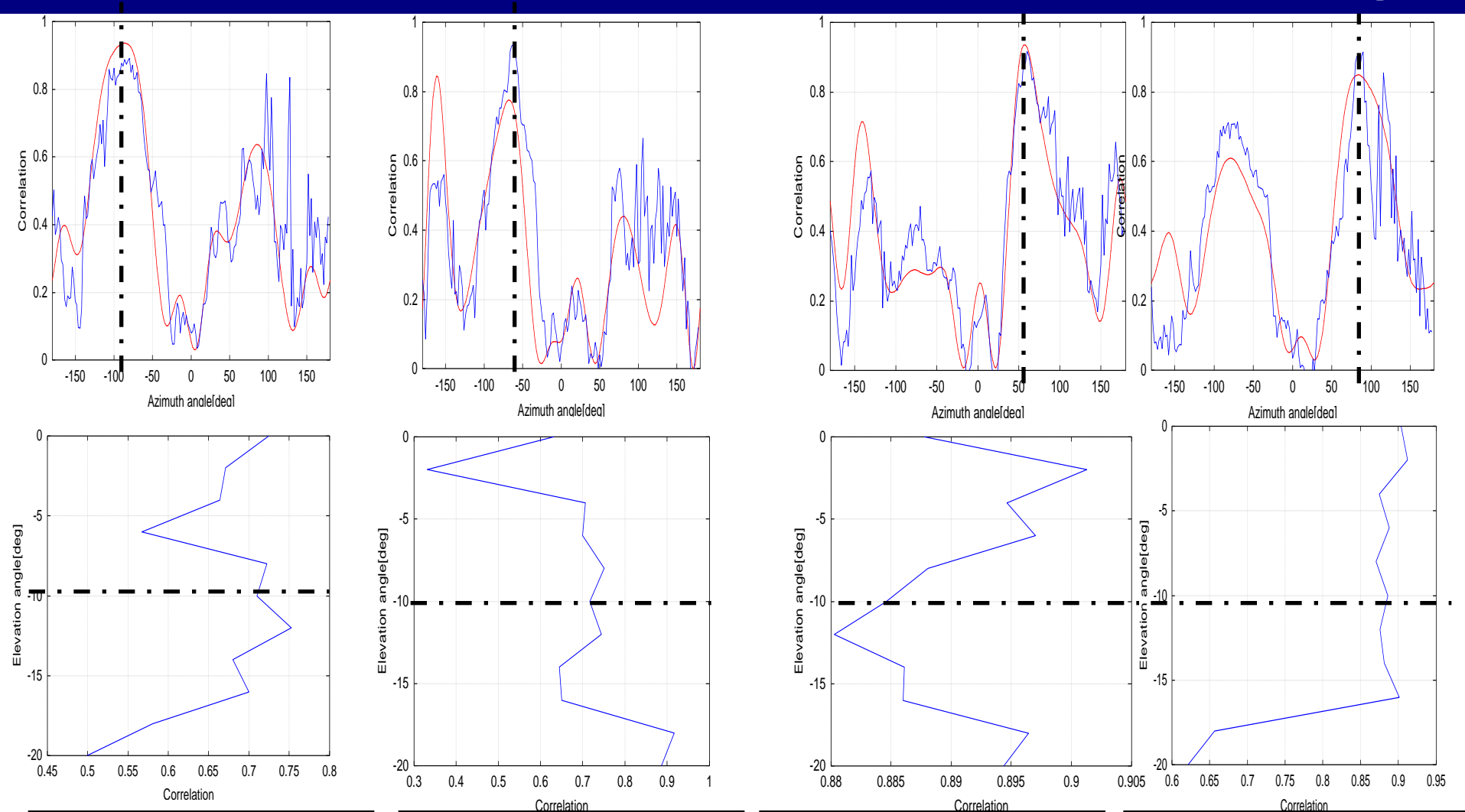


-30deg
上段:アジマス
下段:エレベーション

0deg
上段:アジマス
下段:エレベーション

+30deg
上段:アジマス
下段:エレベーション

方向測定結果 (-90,-60,+60,+90deg)



-90deg
 上段:アジマス
 下段:エレベーション

-60deg
 上段:アジマス
 下段:エレベーション

+60deg
 上段:アジマス
 下段:エレベーション

+90deg
 上段:アジマス
 下段:エレベーション

考察(基本性能確認作業)

- ・ 距離精度に関しては、距離10mまで誤差50cm以下で測定可能であり、1点測位方式においても妥当な値である。9m以上でSN比の劣化のため標準偏差の大きさが増大する。
- ・ 方向測定(ダイポール)に関して、ビームスイープによる方向推定は6m程度可能。7m程度までは、2番目のピークとして得られている。
- ・ 方向測定(コリニア)に関して、-30度方向の感度劣化が見られるが、10m程度の位置推定が可能。ただし、信号電力が弱いためばらつきが大きく、今後プリアンブル長増加等による受信電力の増大等の考慮が必要と思われる。
- ・ 方向測定(台形アレイ)に関しては、全方位でリニアアレイと同程度の測定が可能と思われるエレベーションに関しては、実伝搬環境では5度以上の誤差が生じる。理由は、等価的0.25波長2素子アレイのエンドファイヤ方向の測定になるため精度が確保できないためと思われる。
- ・ 今後の対策としては
 - 低い天井の場合には、地上高の高さ(遅延プロファイルの最初の到来波)と距離からエレベーションを測定するほうが精度が得られる
→技術試験においては、この方法により平面距離の補正を行う
 - 工場・倉庫のような高い天井に設置する場合には、縦方向のエレベーション測定用の素子を追加する必要があると思われる。

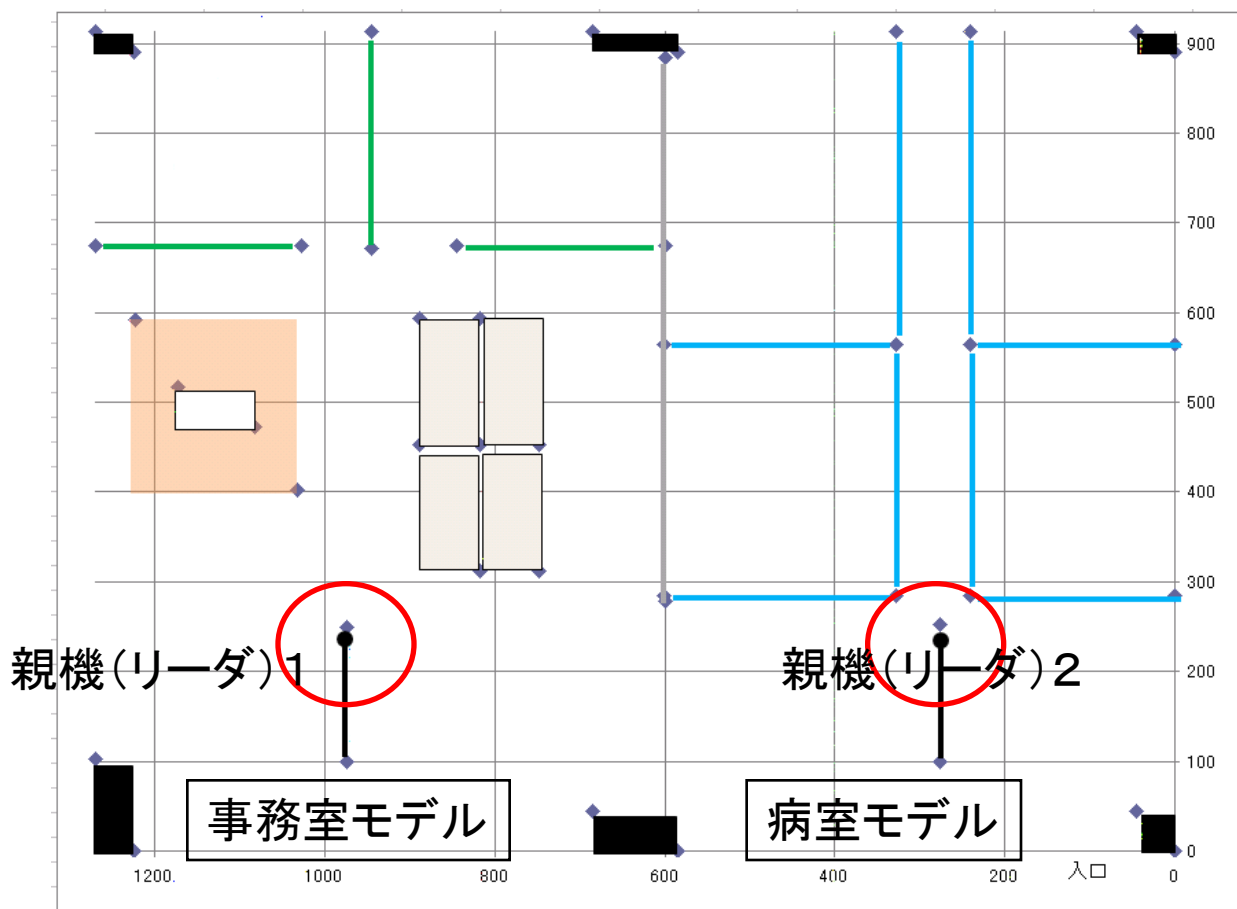
技術試験の結果

試験項目および解析の目的

- ① 電界強度測定
距離測定および方向測定を行う場所における電波伝搬環境の把握
- ② 距離測定
実伝搬環境における距離測定精度の評価
- ③ 方向測定
実伝搬環境における方向測定精度の評価
方向測定精度劣化要因の分析

距離・方向測定した環境(②③説明)

- 会議室模擬環境(左側:事務所モデル、右側:病室モデル)に2台のハイバンドUWBリーダ(親機)を設置
- 伝搬状況、測位精度に関しては主に左側:事務所モデルにて測定



距離測定
アンテナ
2.3m

方向測定
アンテナ
1.8m

タグ
アンテナ
1.3m

①電界強度測定結果

- 電界強度測定結果(図1)は、事務所・医療環境において距離に対して減衰するも、理論値に比較して大きくなる傾向が見られる(図2:2009年技術試験事務・倉庫内環境と同様の傾向)
- CW2波モデル(大地反射による減衰および最大6dBの電力増加)または、東京電機大学小林先生の提案(図3: Bandwidth=750MHz参照、比帯域約20%) →MAXホールド測定のため、同様の結果が得られている可能性がある
- UWBインパルス実質占有帯域幅(1.3GHz)であるため比帯域14%で比較的狭帯域→UWB広帯域の特性である周波数選択性フェージングから、CWの特性であるフラットフェージングの特性への傾向の変化が現れる
- 1点測位に用いられる到来方向推定の狭帯域信号に対して、特性・精度の場所依存性が想定される

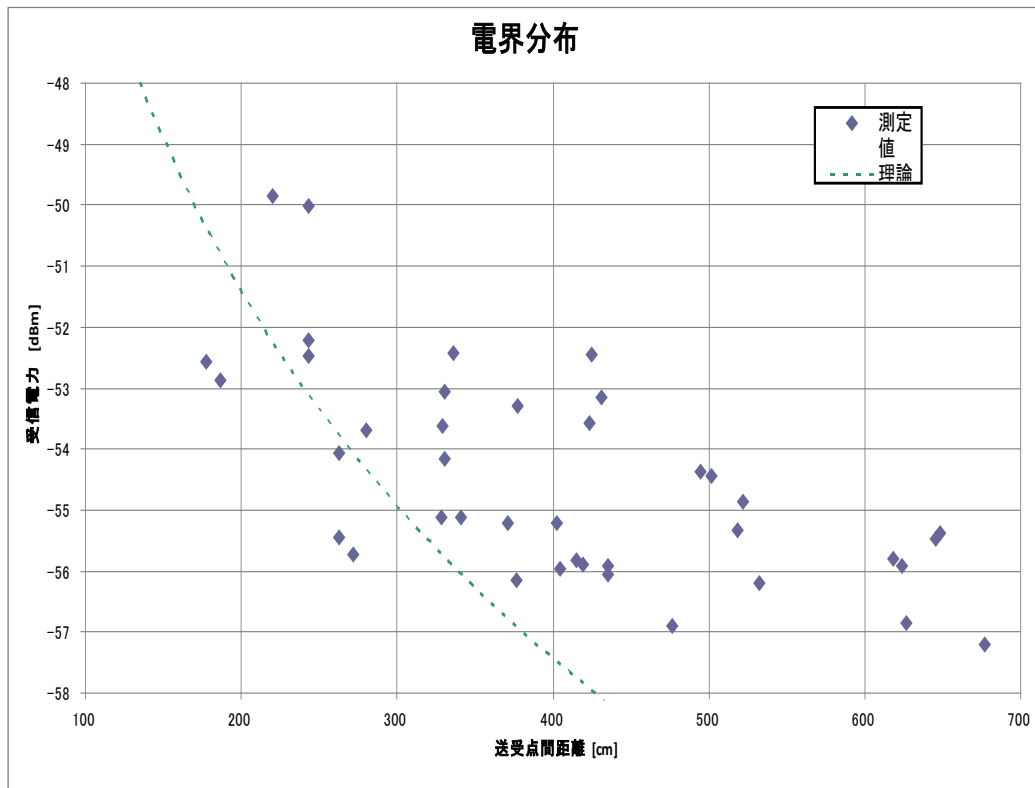


図1 電界強度測定結果

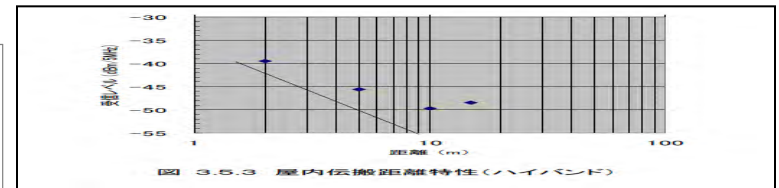


図2:UWB無線センサーネットワークにおける周波数共用条件に関する調査検討2009年度報告書34ページ

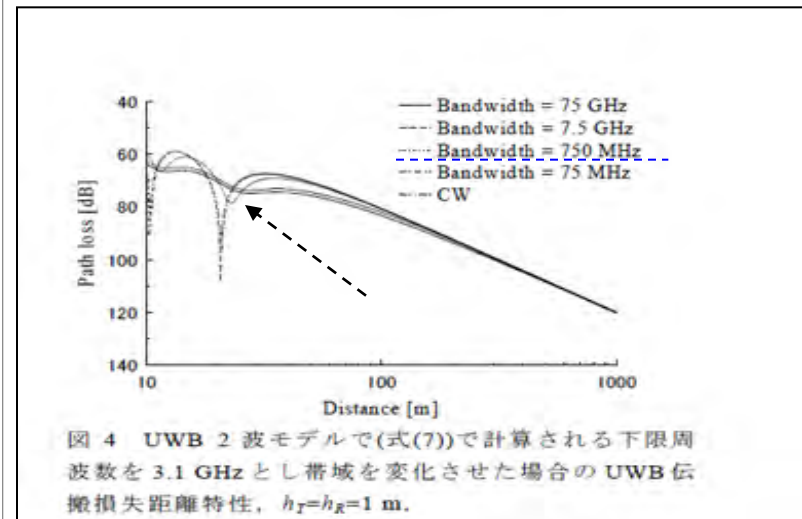
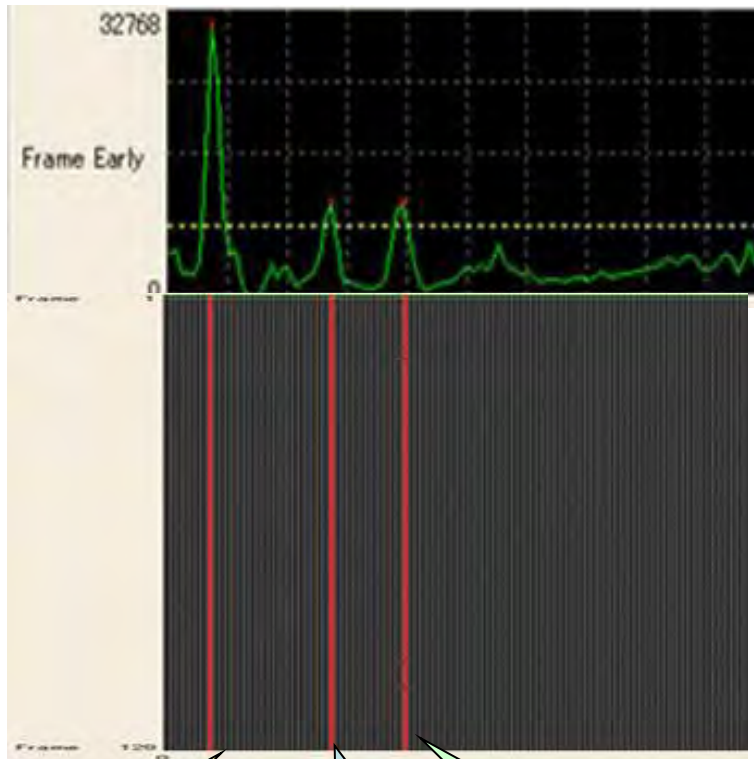


図3:UWB信号の見通し内伝搬損失距離特性
佐藤,小林 東京電機大学 大学院 工学研究科
URSI 第480回電波研連F分科会

②観測遅延プロフィール(時間軸)

タグ無時遅延プロフィール

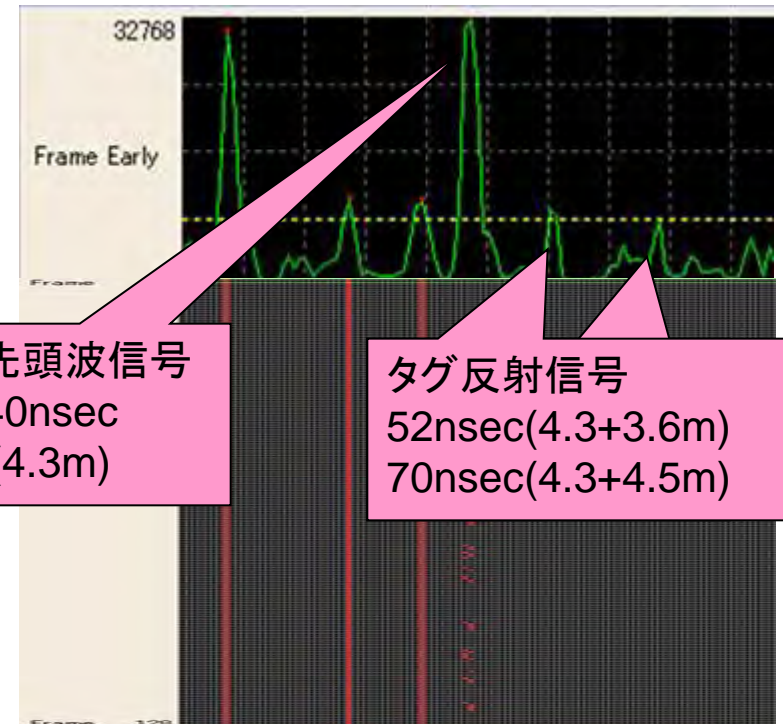


タイミング
基準
0nsec
(0m)

床反射
20nsec
(3.0m)

他の反射物
32nsec
(4.8m)

タグ送信時遅延プロフィール



タグ先頭波信号
40nsec
(4.3m)

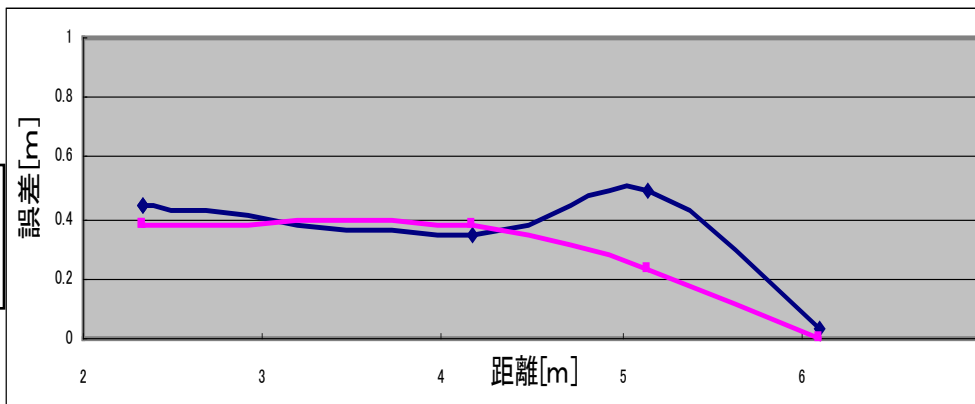
タグ反射信号
52nsec(4.3+3.6m)
70nsec(4.3+4.5m)

- タグ先頭波は、リーダ反射波と判別ができています
- タグ先頭波の近傍にリーダ反射波が存在する
- タグ信号に対して、12nsec,30nsec遅延したタグ反射波が観測される

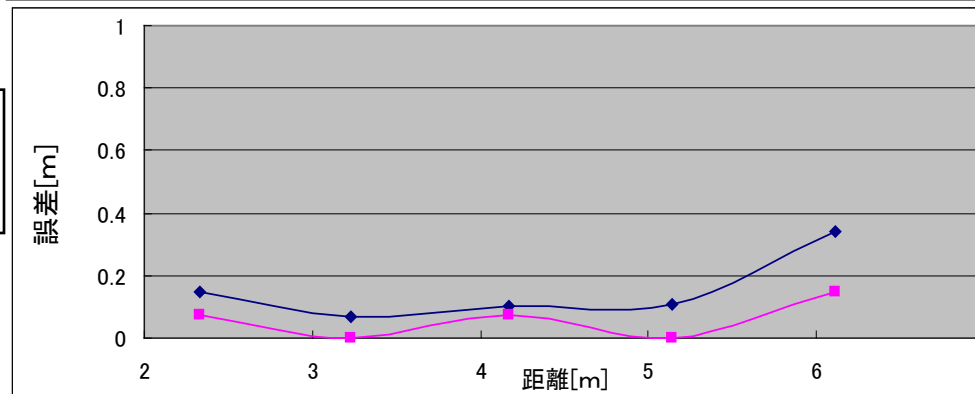
②距離測定結果・精度(事務室)

- 距離測定サンプリング数180個
(2回測定合計約1分)
- 距離誤差:最大50cm
 - ー 最大誤差は5m方向であり、パーティションの近傍に設置されるためと考えられる
- 標準偏差最大:40cm
 - ー 最大方向は左30度方向2mであり、リーダ反射波との信号干渉により劣化したと考えられる(タグ信号27nsecリーダ反射波32nsec)

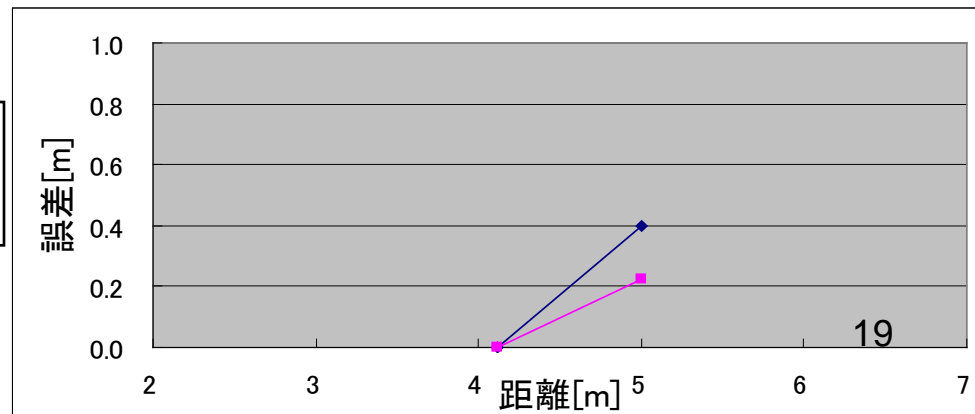
左30度方向
青線 平均誤差
赤線 標準偏差



0度方向
青線 平均誤差
赤線 標準偏差



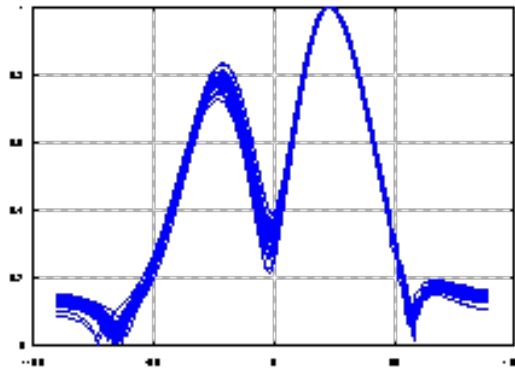
右30度方向
青線 平均誤差
赤線 標準偏差



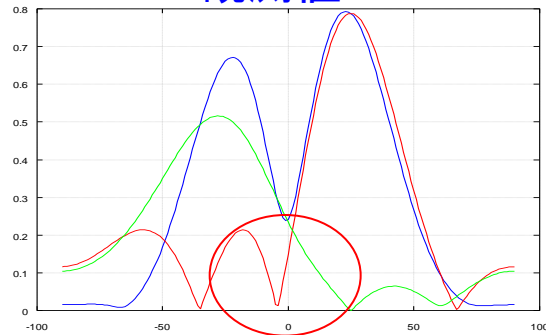
③方向測定結果の解析例(0° 4m)

- タイミング非同期時は、リーダの反射波や雑音信号を受信(タイミング#4)
- タイミング同期時は正しい方向測定ができています(タイミング#6)
 - 主波(赤線)はタイミング#6の時に真の方向を検出する
 - 第2波(緑線)は機器雑音によるビームフォーミング結果と考えられる(6m結果と類似)
 - 距離が遠方になり主波信号が減衰すると、第2波の影響大(0° 5m, -30° 4m, 5mも同様)

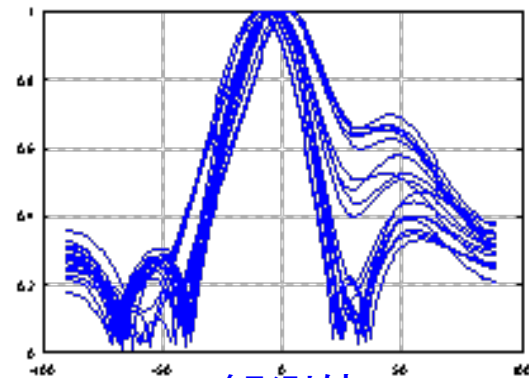
タイミング非同期時(#4)



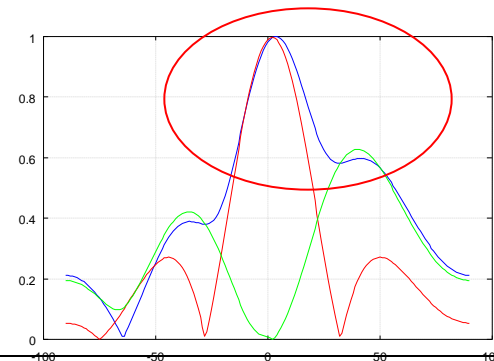
観測値



タイミング同期時(#6)



観測値



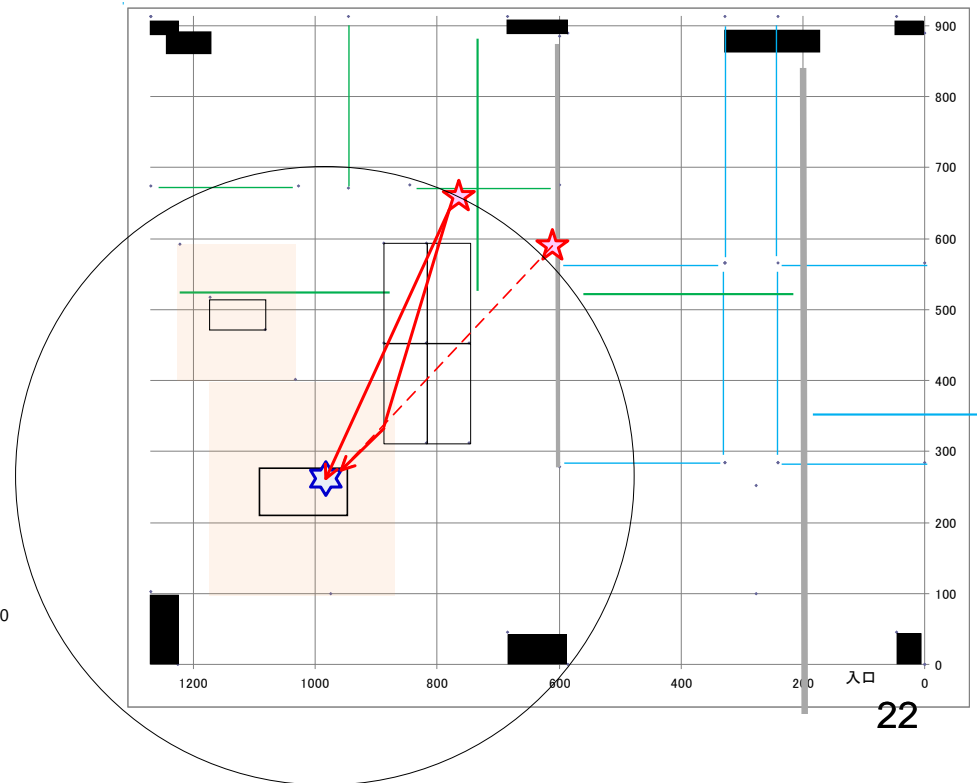
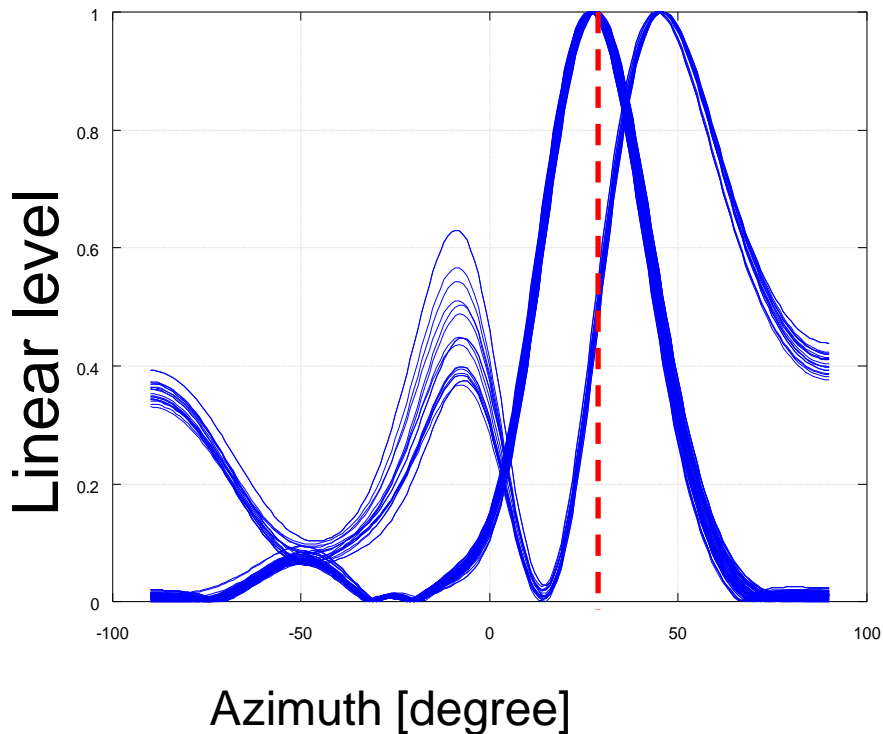
赤線:分離主波

緑線:分離第2波

青線:再合成値

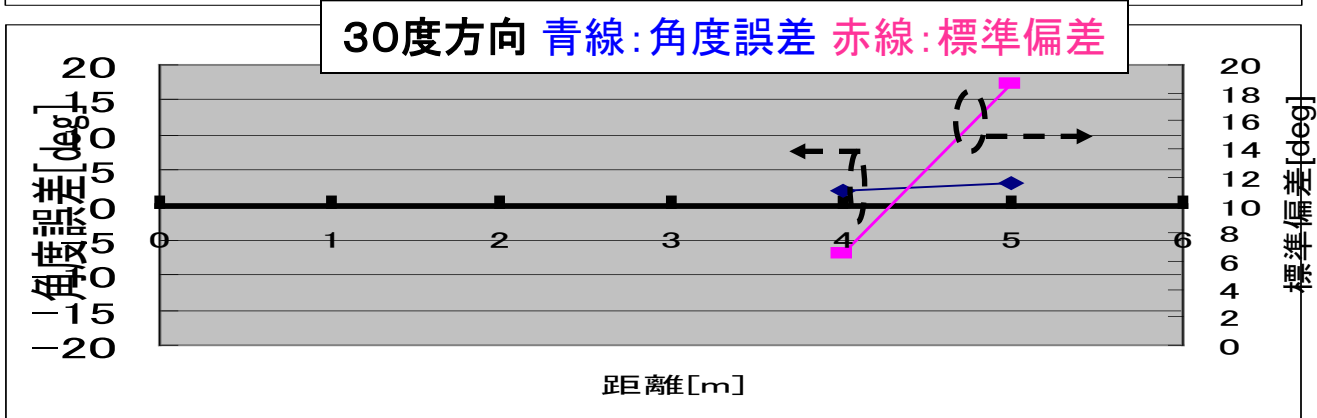
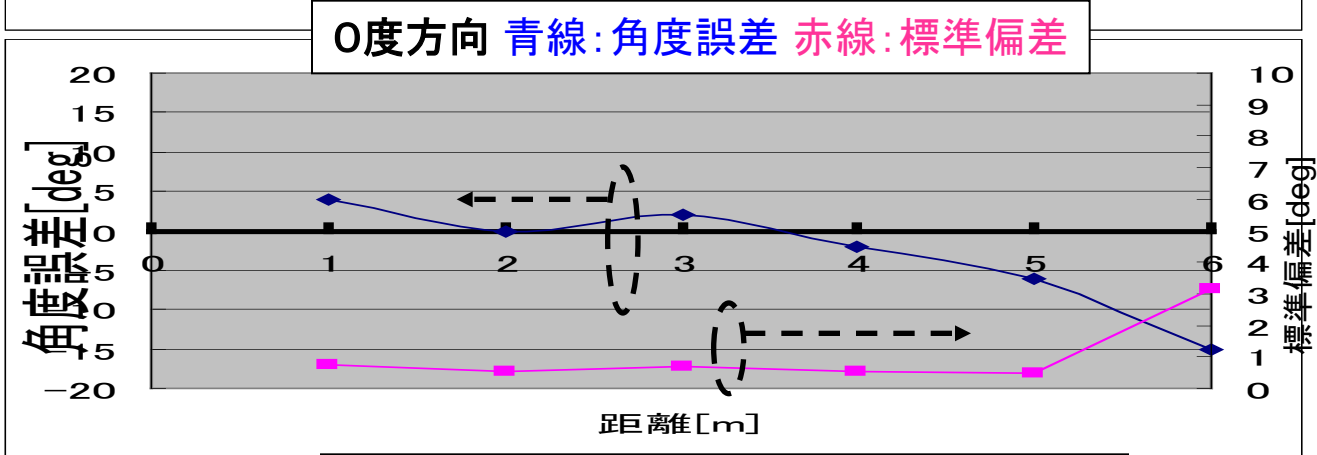
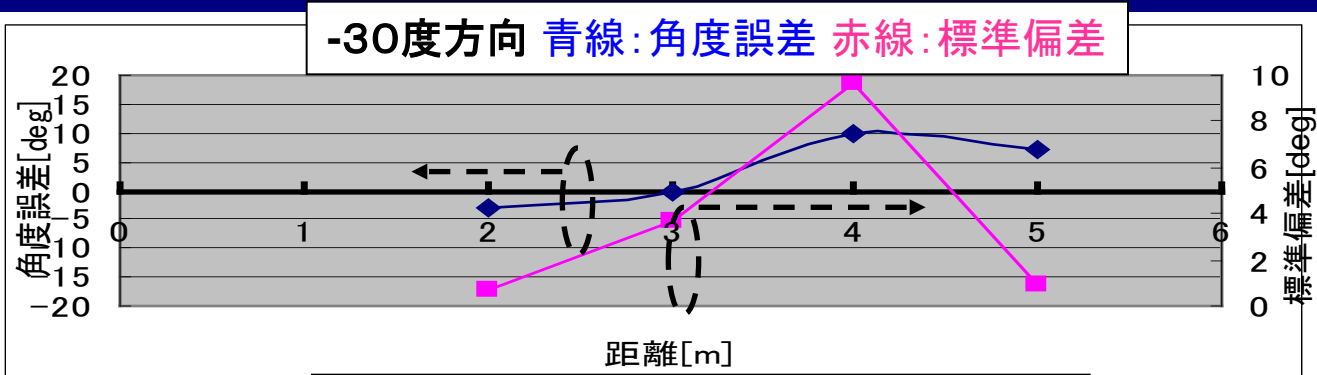
③方向測定結果の解析例(+30° 4m)

- ビームフォーミング結果には2種のピークが検出される。(左側:直接波、右側:反射波)
- 窓検出により、タグマルチパス反射波との光路長は2.4m程度まで限定される。ただし、リーダ近傍の反射波や回折波は、光路長方向差が小さく方向測定誤差が大きくなるため、検出信号レベルによる判断等が課題



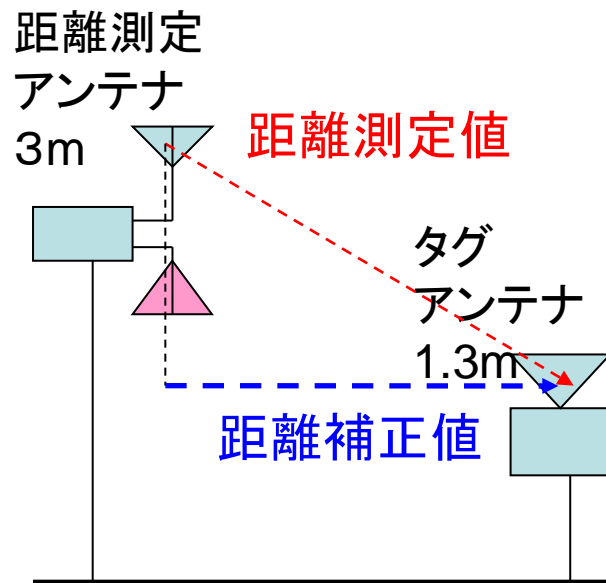
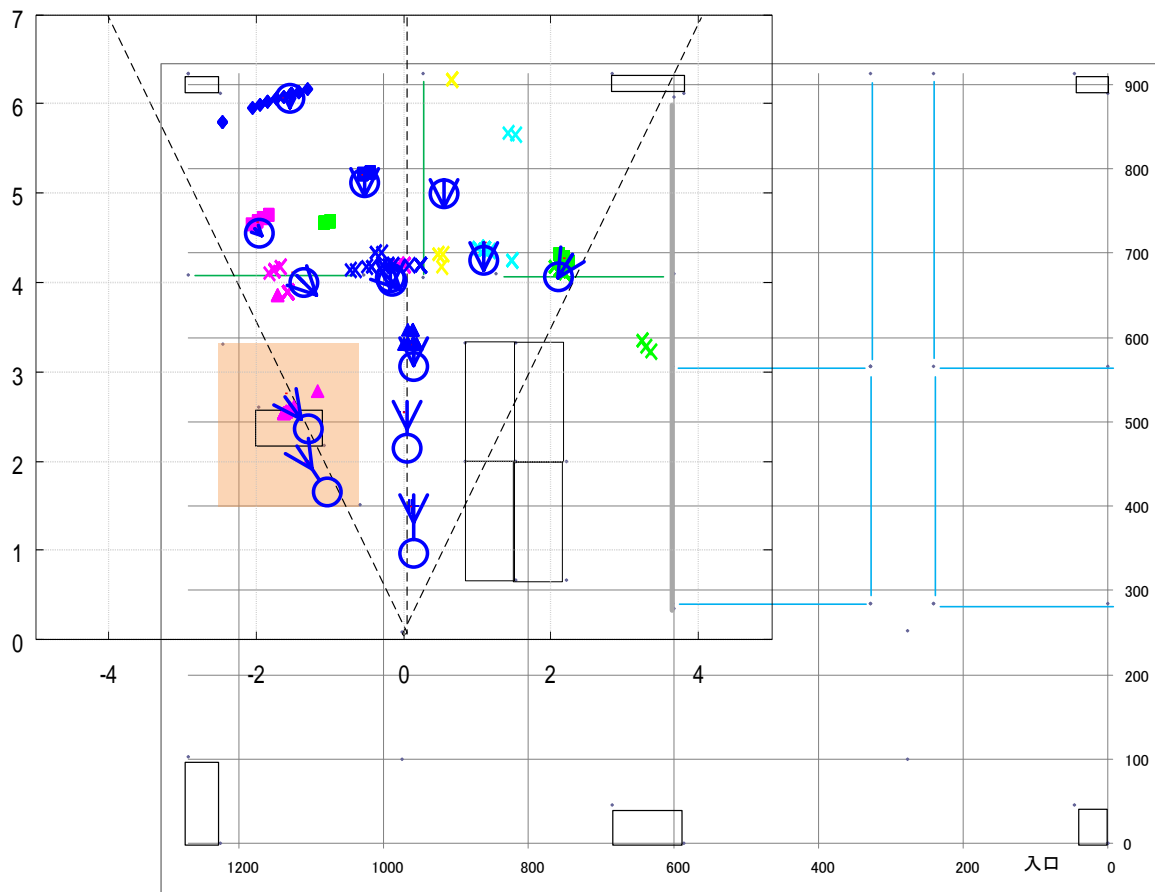
③方向測定精度

- 角度誤差を算出するための観測信号は相関信号合成後の方向測定結果である
- 標準偏差(各サンプルごとの平均との差)が大きくなる部分は、信号強度が弱く-20度方向を誤検出する確率が増大するためである
- 標準偏差が5度以内(S/N大)のときの精度は5度程度である



3次元測定結果による平面距離補正

- 遅延プロファイルより床距離3m、タグ高さ1.3m(仮定)として、リーダ、タグ間距離を補正する。



技術試験結果に対する考察

- 電界測定
 - － 測定器のノイズフロアとの関連は依然明確ではないが、測定環境における距離測定や方向測定における精度の局所的場所依存性を考えると、周辺反射物による電界変動と考えるのが妥当と思われる
- 距離測定
 - － 測定環境内では、一点測位方式においても従来の方式と同程度の距離精度が得られている
- 方向測定
 - － 距離に基づいた検出窓の導入によりインパルス信号を直接ADコンバートする方式と同様の効果が得られる
 - － 4m以上の距離では、単一スペクトルの信号成分の電力が小さくなるため、機器内部の弱小雑音による精度劣化が顕著である（受信レベルによる判別や、同一遅延波内分離等のアルゴリズムによる改善が必要である）
 - － 6m以上の距離では、隣接リーダの影響を除去する観点から検出窓を適用しない設定となっており方向推定ができていない

技術試験の評価結果まとめ

- 電界強度測定結果は、床面および天井反射と見られる信号による強度変動が見られる環境であることが確認された
- 距離測定は、平均誤差50cm、標準偏差40cmであり、UWBの想定する精度が得られた
- 方向測定は、概ね5°程度の精度が得られマルチパス環境におけるビームフォーミングの有効性が確認できた。
(但し、5m以上で、機器内部雑音の影響と見られる誤差が発生。最終的には、アルゴリズムによる改善またはプリアンブル長を2倍程度にすることによりスペクトル受信電力増加対応可能であり今後機器の検討必要)

結論

- センサーネットワークにおける測位機能においてはUWBの短パルスの利点を確認
 - 短いインパルス幅による距離分解能の向上
 - 実際の電波伝搬環境における、マルチパス分離
- 倉庫環境(2009年2点、4点測位)、事務所・医療環境(2010年1点測位)
デッドスポットをできるだけ少なくするためには、UWBの広帯域性が重要であることを確認
- 周波数共用条件の仮定エリア半径として10mであることが妥当