

レジリエントPNTワークショップ

2026/7/29, X-NIHONBASHI TOWER

アレイアンテナ開発

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門

藤原 健

● 現行の仕組みの中で . . .

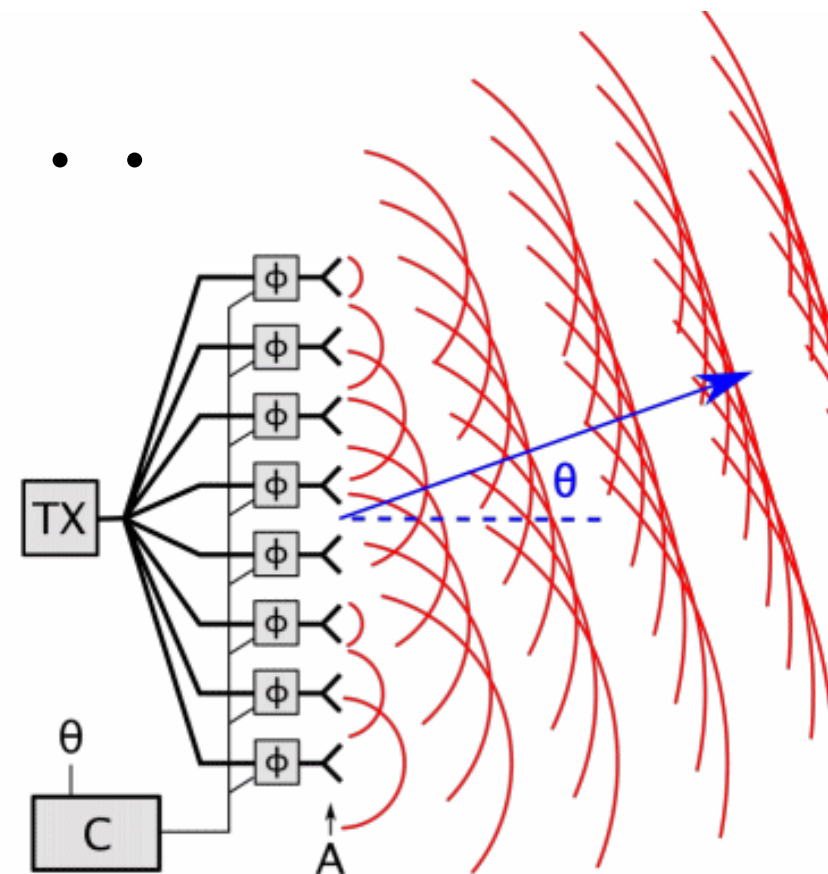
- 受信信号強度、時刻、位置の不連続を検知し、警告。
- 慣性航法装置IRU、従来の航法装置VOR/DME、等と比較し、警告。

● インフラ側（GNSS側）への新たな工夫で . . .

- 衛星が放送する信号に対して、**信号認証**の仕組みを追加する。

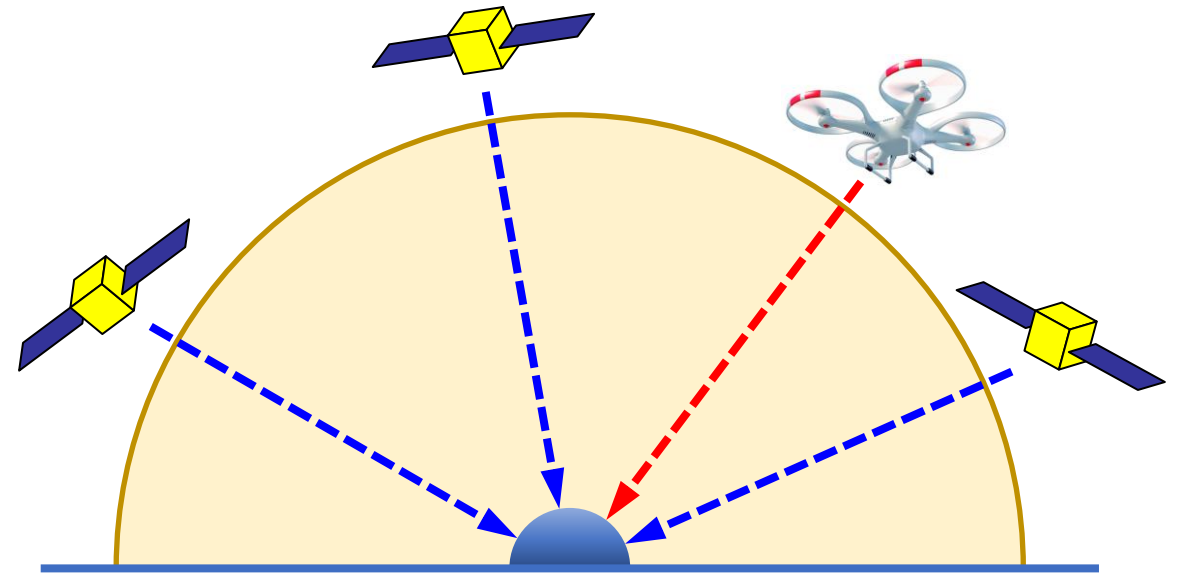
● 装置側への新たな工夫で . . .

- フェーズドアレイアンテナなどの選択的な受信機能を追加する。



●通常のGPSアンテナ

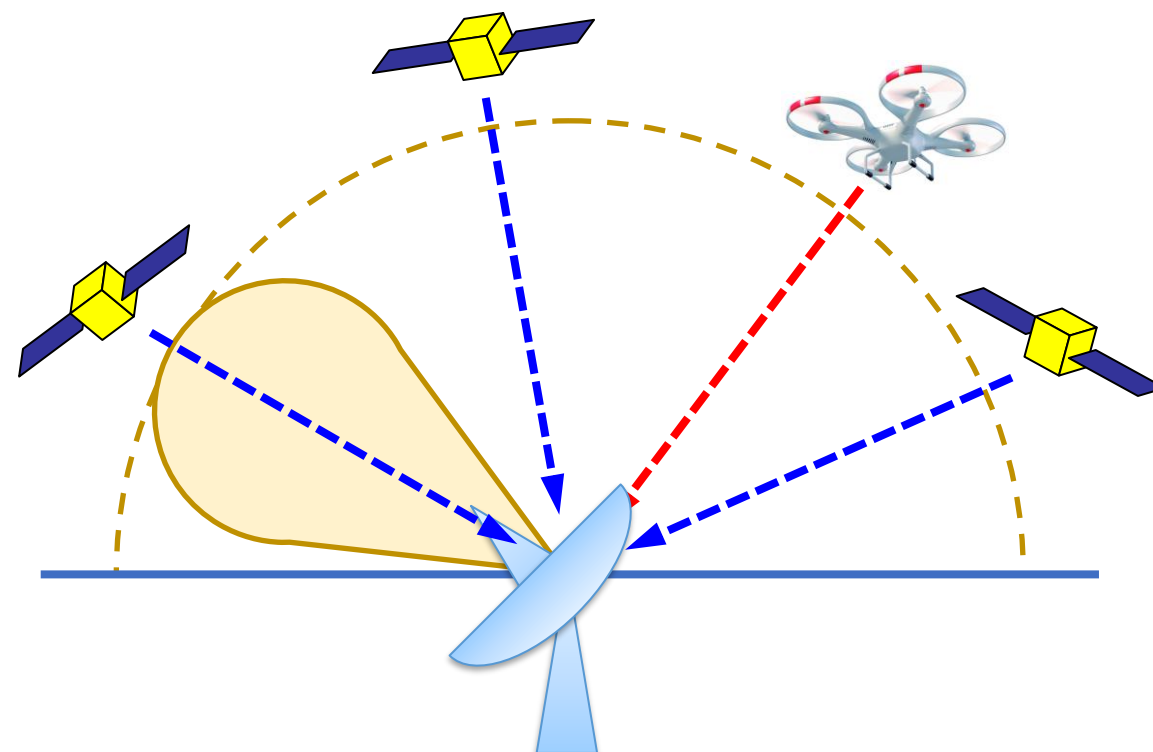
- 上空のすべてのGPS衛星からの信号を受信するために『無指向性』
- 妨害信号なども受信



従来のGPSアンテナ
(無指向性)

●パラボラアンテナ

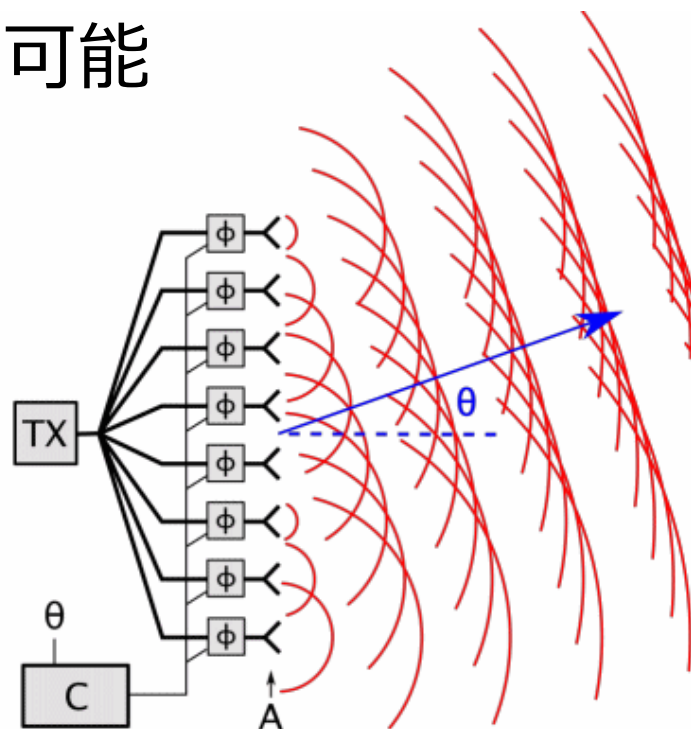
- アンテナを特定の方向に向けることで、その方向の信号だけ受信
- ただし、衛星測位のためには複数のGPS信号の受信が必須



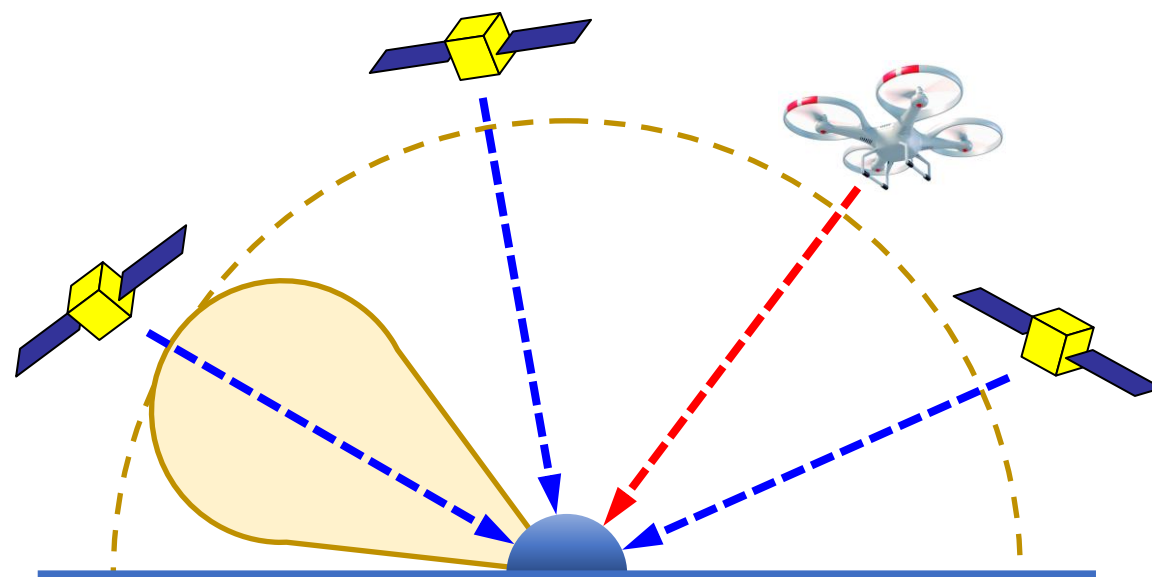
パラボラアンテナ

●ビームフォーミング法

- フェーズドアレイ技術の一種
- アンテナを動かすことなく、受信感度の方向（指向性）を制御可能



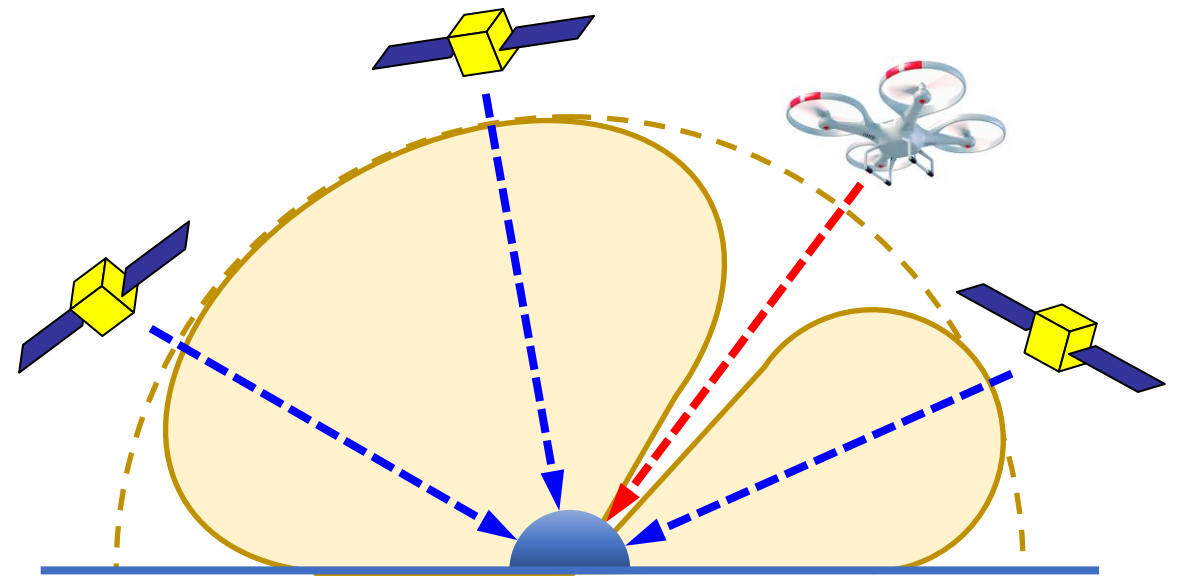
出典) https://en.wikipedia.org/wiki/Phased_array



ビームフォーミング・アンテナ
(フェーズドアレイ・アンテナ)

●ヌルステアリング法

- 妨害信号を受信しないために、妨害信号の方向にだけ『不感帯（＝ヌル）』
- 妨害信号の到来方向が分かることが前提、従来は『強い』妨害信号（＝ジャミング）にだけ対応
- 信号到来方向推定技術を活用することで、スプーフィングに対しても適用されつつある



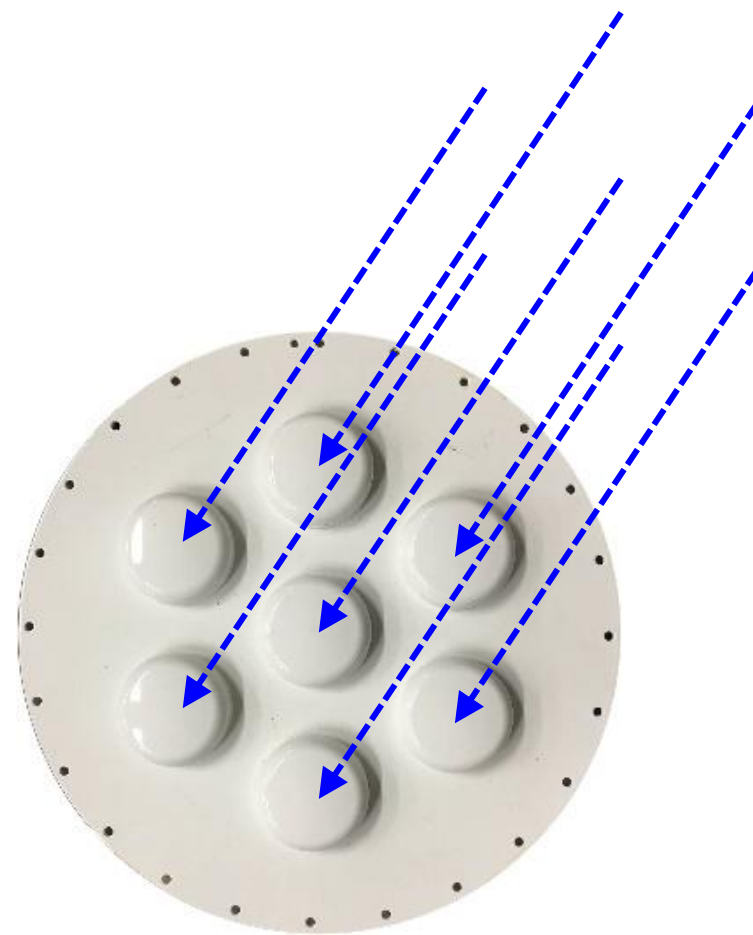
ヌルステアリング法

●DCMP法

- DCMP法（Directionally Constrained Minimization of Power：方向拘束付出力電力最小化法）
- 特定の方向からの信号を守りつつ、不要な電力を小さくする技術
- 「ビームフォーミング法 + ヌルステアリング法」

●妨害波の到来方向推定

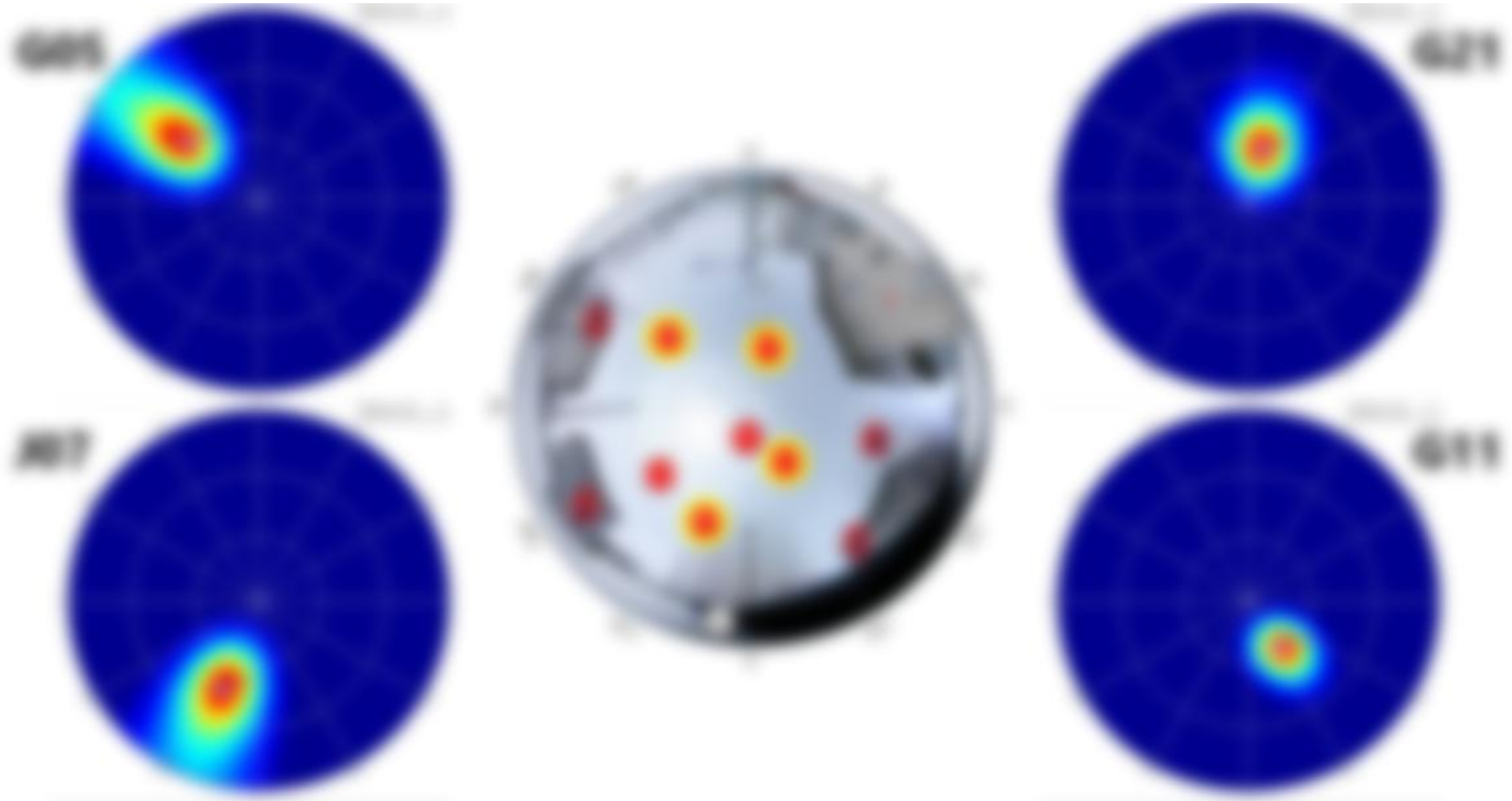
- 素子ごとの受信タイミングのズレ（位相差）をもとに、特定の信号の到来方向（方位角、仰角）を推定する技術



7素子アレイアンテナ
($\Phi 36\text{cm}$)

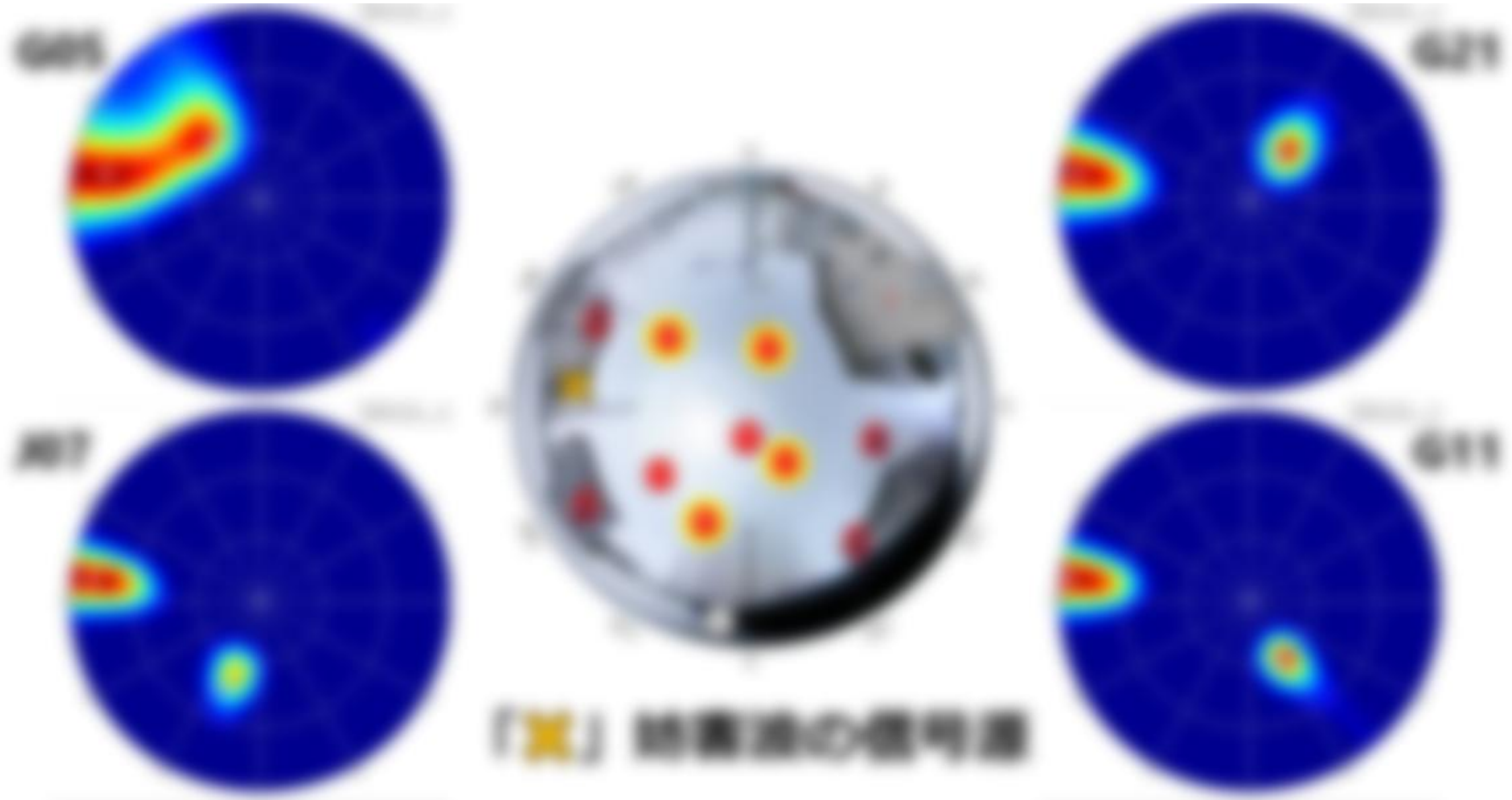
アレイアンテナ技術：到来方向推定

当日の投影のみ



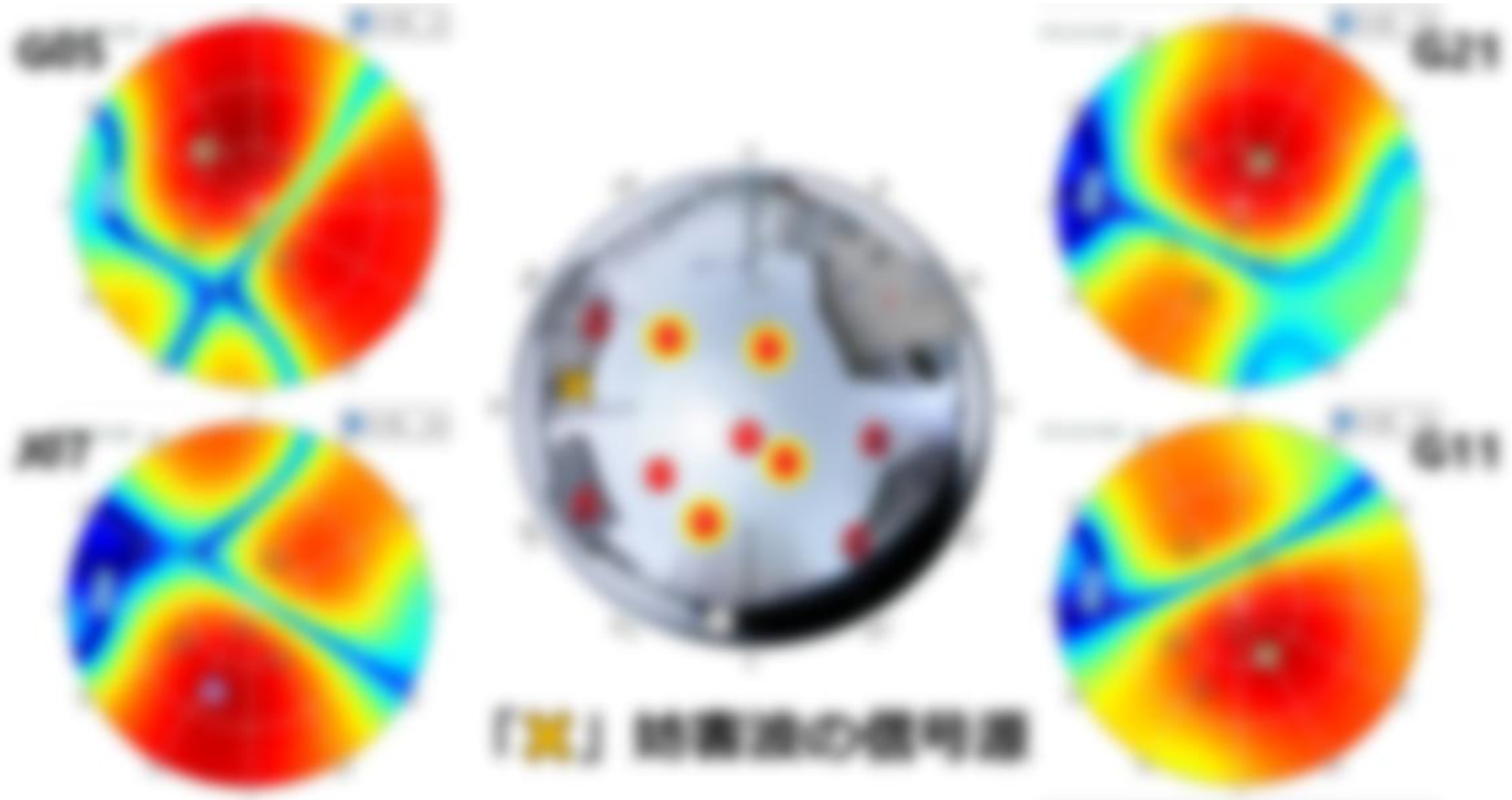
アレイアンテナ技術：到来方向推定

当日の投影のみ



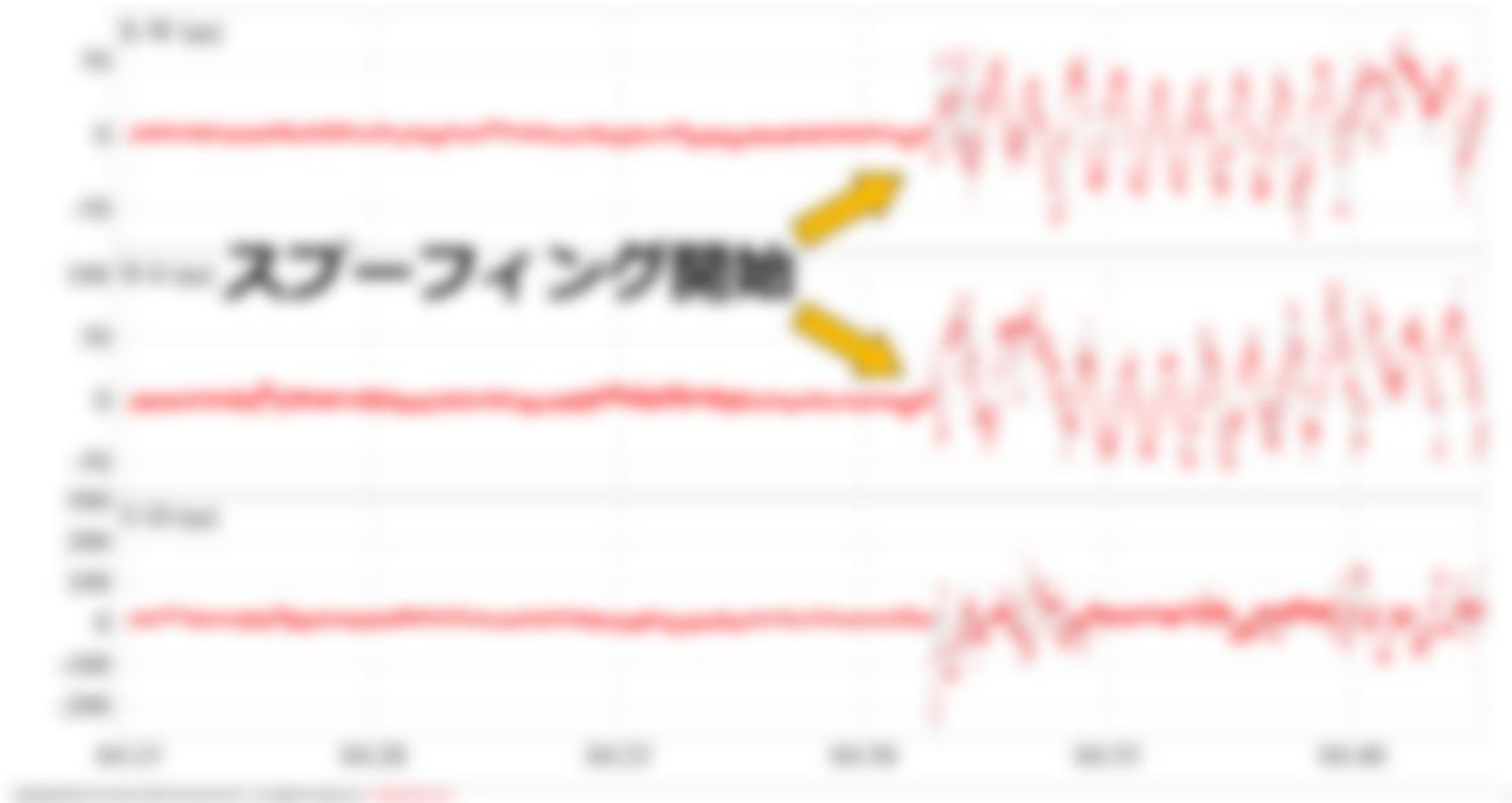
DCMP法による受信パターンの形成

当日の投影のみ



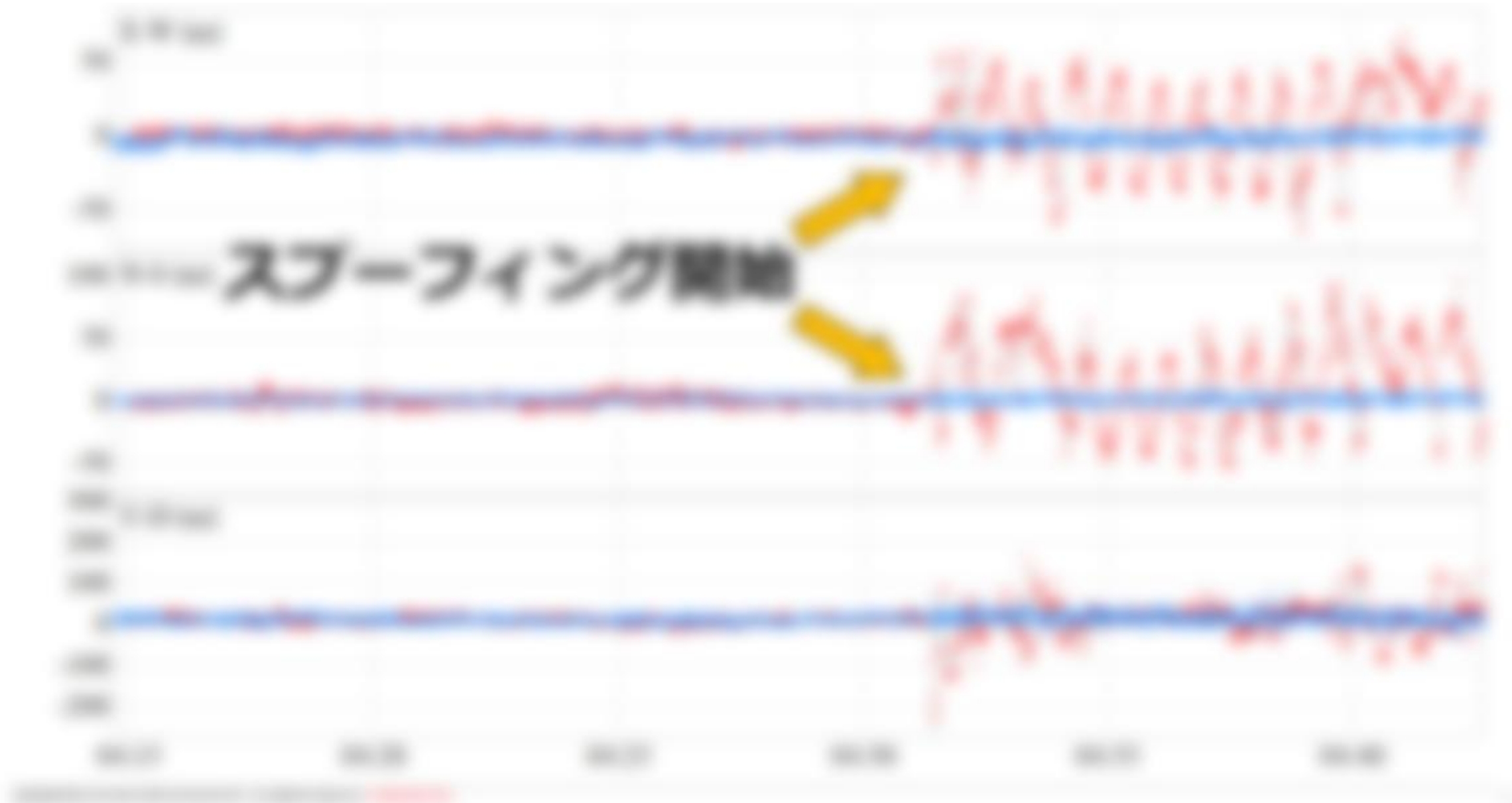
DCMP法の適用結果：未適用

当日の投影のみ



DCMP法の適用結果：未適用，適用済み

当日の投影のみ



- 過去に危惧されていた**スプーフィング**は、いままさに**現実の脅威**となりつつある。
- アレイアンテナ技術**は、正規のGPS信号を**選択的に受信**し、かつ妨害波の**受信を回避**することが可能な技術である。

謝辞： Team Spoofing Test @ 福島RTF2026 powered by IPNTJ
Sponsored by LocationMind、アムテックス、ソフトバンク、大阪公立大学、東京海洋大学、JAXA
Spirent社のGSS7000とStandpointはアムテックス様よりアカデミック条件で提供を受け使用しました。