

# 5G 無線暴露測定

ワイヤレス業界と規制の  
実際のニーズに対処する  
ソリューションを共に開発

ART-Fi



2019年3月7日, 日本 (東京)



# アジェンダ

- ▶ CEO からのメッセージ
- ▶ ART-Fi について
- ▶ 産業および規制コンテキスト
- ▶ 5G 無線暴露テストのART-Fiポートフォリオの更新
- ▶ ソリューション・ロードマップとフィードバック・セッション

# CEOからのメッセージ

# CEOからのメッセージ

「4.5G and 5G テクノロジーに向けた新たな無線の進化により、前例のない複雑性とユーザーEMF暴露適合性試験の長期化がもたらされています。さらに既存技術のEMFレベルの飽和は、ユーザー体験を犠牲にすることなく適切な暴露レベルとQoSの適切なバランスを達成できるような精密さや正確さを有するEMF暴露測定を必要とすることでしょう。

適切なソリューション開発に向けて謹んで当社の作業部会にご招待いたします。そこでは製品化までの時間、EMFの安全準拠およびサービス品質に対する真のニーズに対応する当社の画期的な革新の開発計画を段階的に方向付けすることで、解決策を提供していきます。

また、同じフィードバックセッションを通じて、私たちのパートナーシップを評価し、関連する正確で効率的かつ費用対効果の高い標準試験手順を定義することで、ワイヤレス産業の育成に役立つ国際標準作成に対する当社の活発な貢献の活用を目指しています。」

*Stephane Pannetrat, CEO of ART-Fi*

# ART-Fi について

新しい無線技術の進化していく課題に対する  
EMF暴露テストシステムへの  
ユニークな革新者

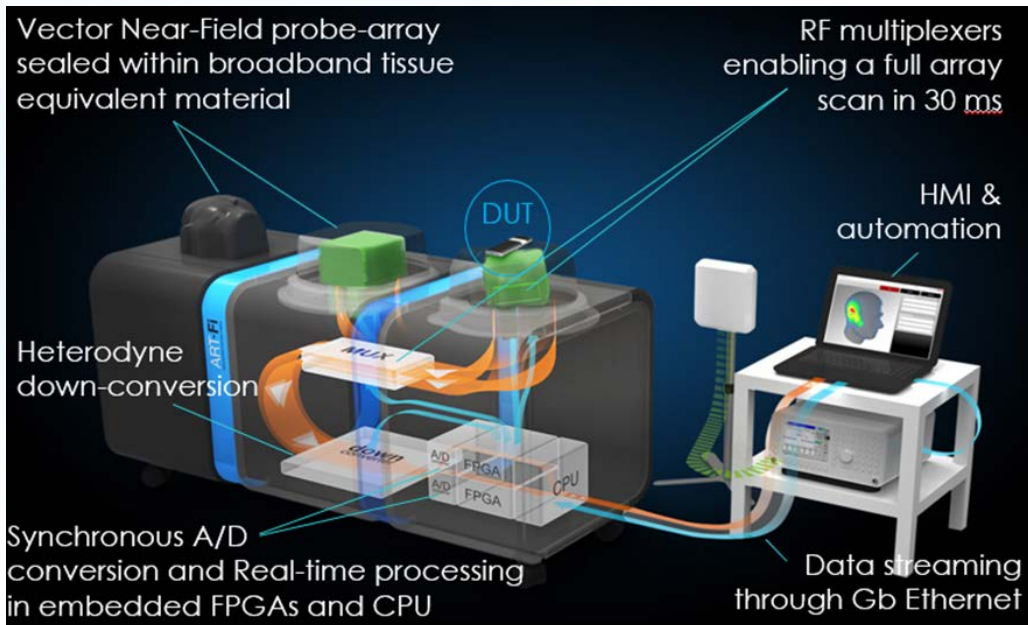
# ART-Fiの IP & テクノロジー

- ▶ 当社のRF EM-field 測定技術の独自性を保護する4つの国際特許
  1. Vector 電磁界を測定する時間ドメインRF-プローブおよびシステム [WO-2011-080332]
  2. Novel vector E-field プローブデザイン [WO-2017-114854]
  3. SAR システム用人体の誘導性を模倣したBroadband single-fluid [WO-2013-079621]
  4. EM field phasorフェーザの振幅およびフェーズの直接測定 [EP-2610628]
  
- ▶ ART-FiのIPおよびテクノロジーの独自性
  - ▶ 電子スキャン付きセンサーの平面アレー – 最速のアンテナ測定システム
  - ▶ 時間領域 RF 信号測定 –RF性能評価のための基本的な測定量の提供
  - ▶ 位相コヒーレント RF 信号取得 –EM-fieldの絶対位相と振幅測定を提供
  
- ▶ ART-MAN SAR システムに具体化され、当社のmm-Wave PD テストソリューションに適用可能なIPs

# ART-MAN システム概要



- ▶ ARTMANはデバイスのアンテナの近距離領域で時間に依存しない Harmonic E-field フェーザを直接測定
  - ▶ 各マネキンに**Vector Probe-Array** を設置 (合計1920個のセンサー)
  - ▶ プローブの高速電子スキャンにより最大0.7秒で完全スキャン
- ▶ 特許取得のPhasor Vector 測定技術により、複数のアンテナがある能動デバイスについても **Complex Vector EM-Field** の測定が可能に
  - ▶ ソース信号へのアクセスは不要
  - ▶ プローブアレイ自体により提供される標準波と**位相コヒーレンス**におけるプローブ時間領域電圧の同時取得の使用
- ▶ マクスウェルの方程式と物理法則を生かし、NF-2-VNF 2D tangential E-field フェーザ から3D total E-field Vectorへ

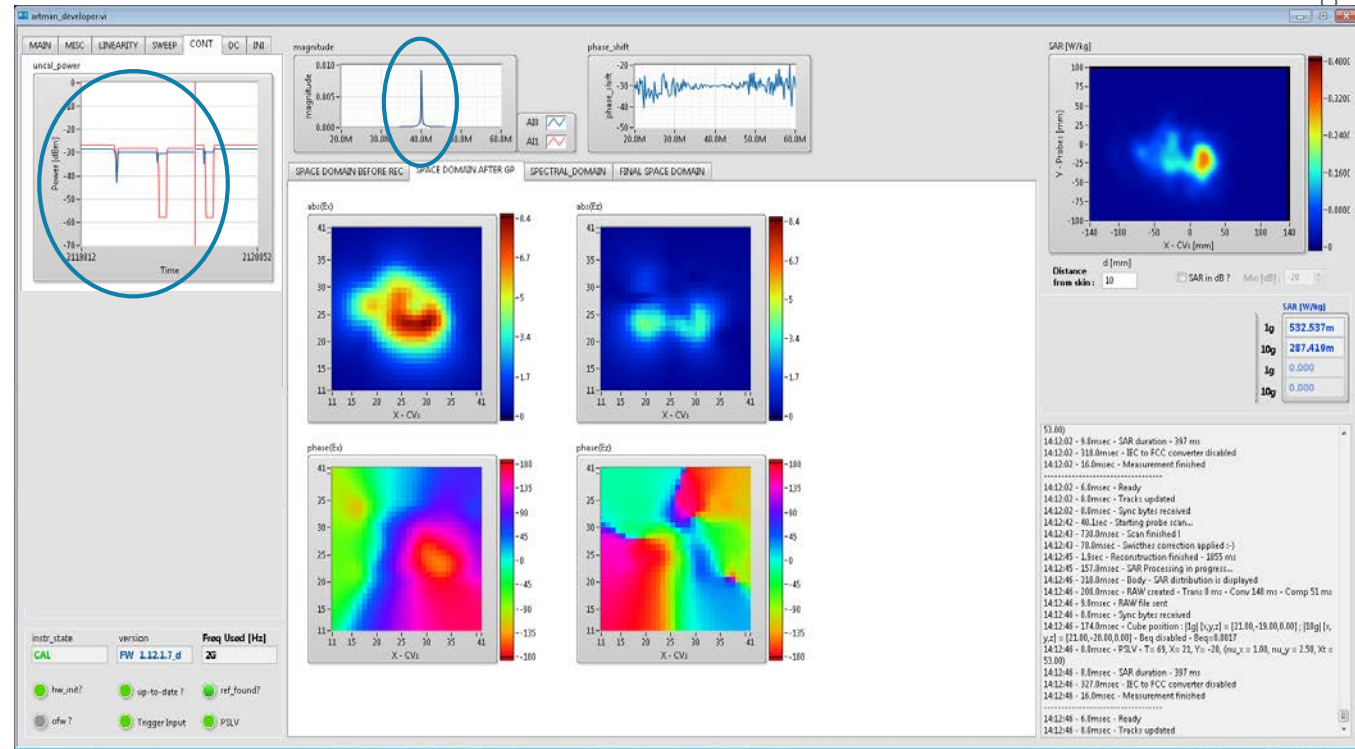
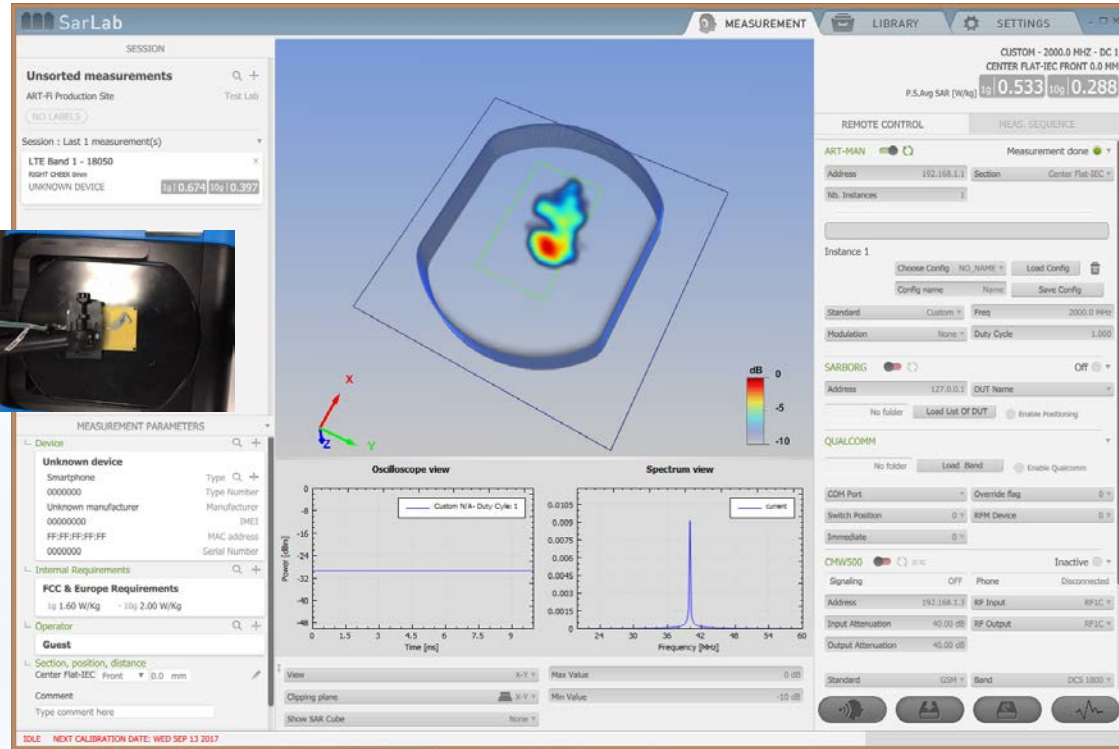




# Absolute-Vector RF および E-field 測定

8

Confidential pro



## SARLAB

- ▶ システムのハイレベルコントロール
- ▶ SAR テストバッチ化およびオートメーション設定
- ▶ SAR および VSA 結果の視覚化

## DEVELOPER FW

- ▶ システムのローレベルコントロール
- ▶ リアルタイムの電カスペクトルおよび RF 信号スペクトル
- ▶ Vector E-field フェーザおよびホログラフィック可視化





# 産業および規制コンテキスト

# 新世代無線テクノロジーの課題

10

- ▶ 5G および新無線テクノロジーを実現するもの; 技術の前例のない複雑性
  - ▶ スペクトルの広帯域で効率的な使用のための全スペクトルアセットを基盤とする
    - ▶ テクノロジー およびキャリアアグリゲーション (> 8 CA)を通じた最大800 MHz 帯域幅
  - ▶ 無線リンクを通じた空間多重化のための空間ドメインの活用
    - ▶ ダウンリンクおよびアップリンク双方の **ビームフォーミング**, **ビームステアリング**および**ビームトラッキング**
- ▶ EMFレベルの飽和が既に2G/3G/4Gに起きており, 5G<sup>(\*)</sup> 導入の課題となる
  - ▶ 競争力のあるサービスの質を確保することのみが、物理ベースの正確なEMF 暴露試験技術で達成可能
- ▶ **Legacy Scalar-Probe 技術は** EMF暴露テストの非実用的で過大な評価の元である
  - ▶ 非常に数多くのMIMO ビームフォーミング状態では、控えめな推定でしか試験ができない
  - ▶ テクノロジーやキャリアアグリゲーションによる広域スペクトルは、周波数選択プローブ技術なしでは正確に試験ができない
  - ▶ 非実用的で不正確な試験では QoSのトレードオフが必要になる
- ▶ ART-Fi システムなどの**RF および Vector-Probe Technology**が、広域スペクトル& MIMO- 5G <sup>(\*\*)</sup>テクノロジーの効率的で厳密な試験に適切なソリューションとして認識されている

(\*) L. Chiaraviglio et al., "Planning 5G Networks Under EMF Constraints: State of the Art and Vision," in IEEE Access, vol. 6, 2018.

(\*\*) Y. Qi et al., "5G Over-the-Air Measurement Challenges: Overview," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 59, no. 6, Dec. 2017.

# ART-Fi Vector Technology ソリューション

11

ART-Fiのソリューションは、独自の特許取得済みFull-Vector テクノロジーに基づく

- ▶ 時間領域変調 RF 信号のVector 信号分析
- ▶ 固有周波数選択性,変調およびテクノロジーアグリゲーション依存しない較正
- ▶ 時間に依存しない複合EM-field フェーザーベクターの直接測定
- ▶ マクスウェルの方程式に基づく SAR 用volume E-field およびPD用vector H-field の再構成

ART-Fiのソリューション; Exact SAR および PDの最速 テストシステム

- ▶ CA および同時送信を厳密に測定する唯一のテクニカルソリューション
- ▶ 超広帯域信号を厳密かつ直接測定する唯一のテクニカルソリューション
- ▶ N-antenna MIMO デバイスの全ビームフォーミング状態に対するテストに必要な測定数を最小 (N+1)回に減少させる

# 5G無線暴露評価用ART-Fi ソリューションポートフォリオの 更新

ART-Fiがもたらす  
正しいテストソリューション

# 5G 暴露テストのART-Fi タイムライン



2011-2013  
Vecor Probe  
Array System



2013  
ポータフォ  
リオ拡大



2015  
R&D用自動化  
パック



2018  
生産中試験の  
提供



2018  
5G sub-6 GH

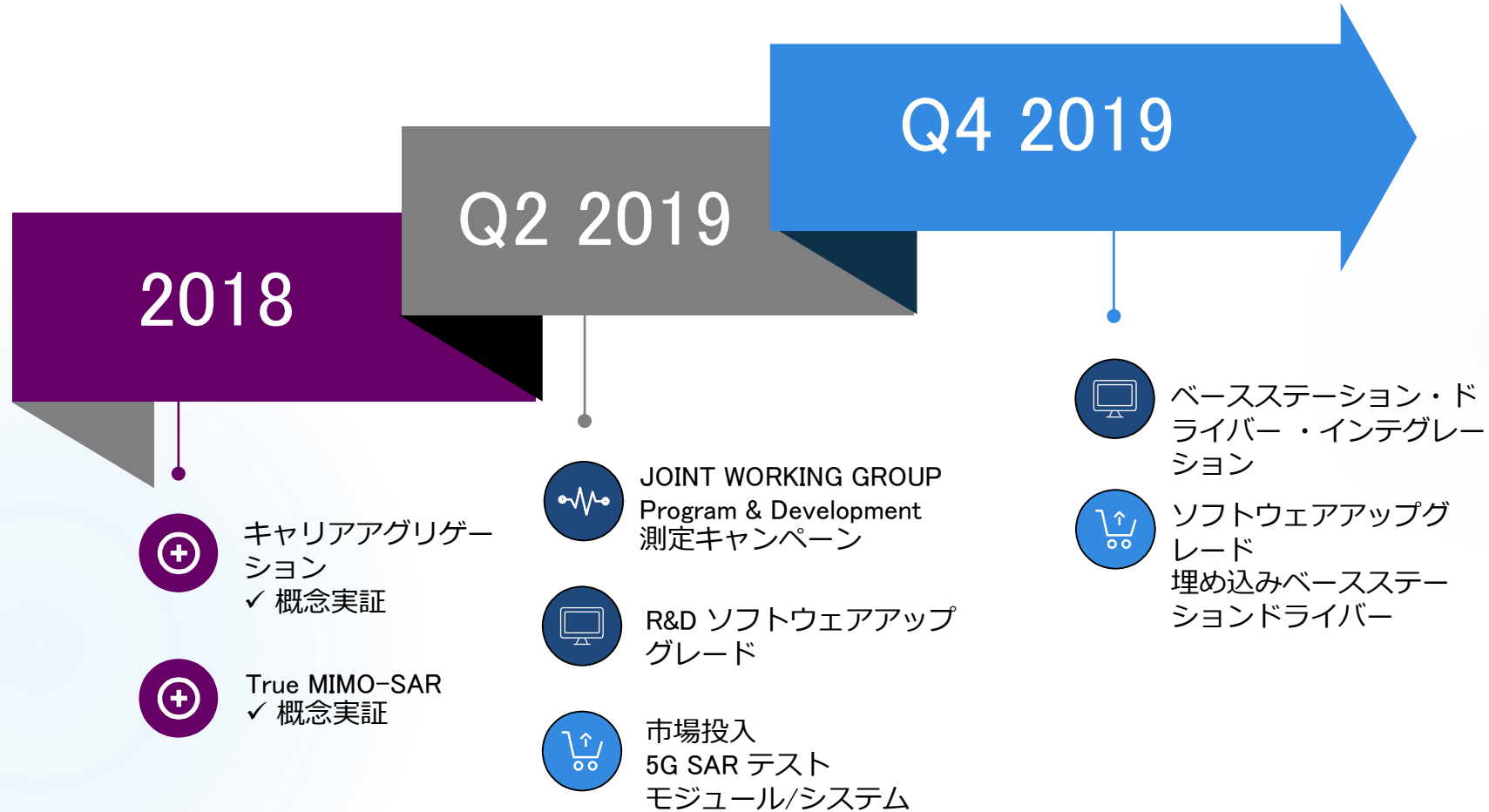


2019  
mmWaves  
新規リリース

Amplitude & phase 測定 – マクスウェルの遺産



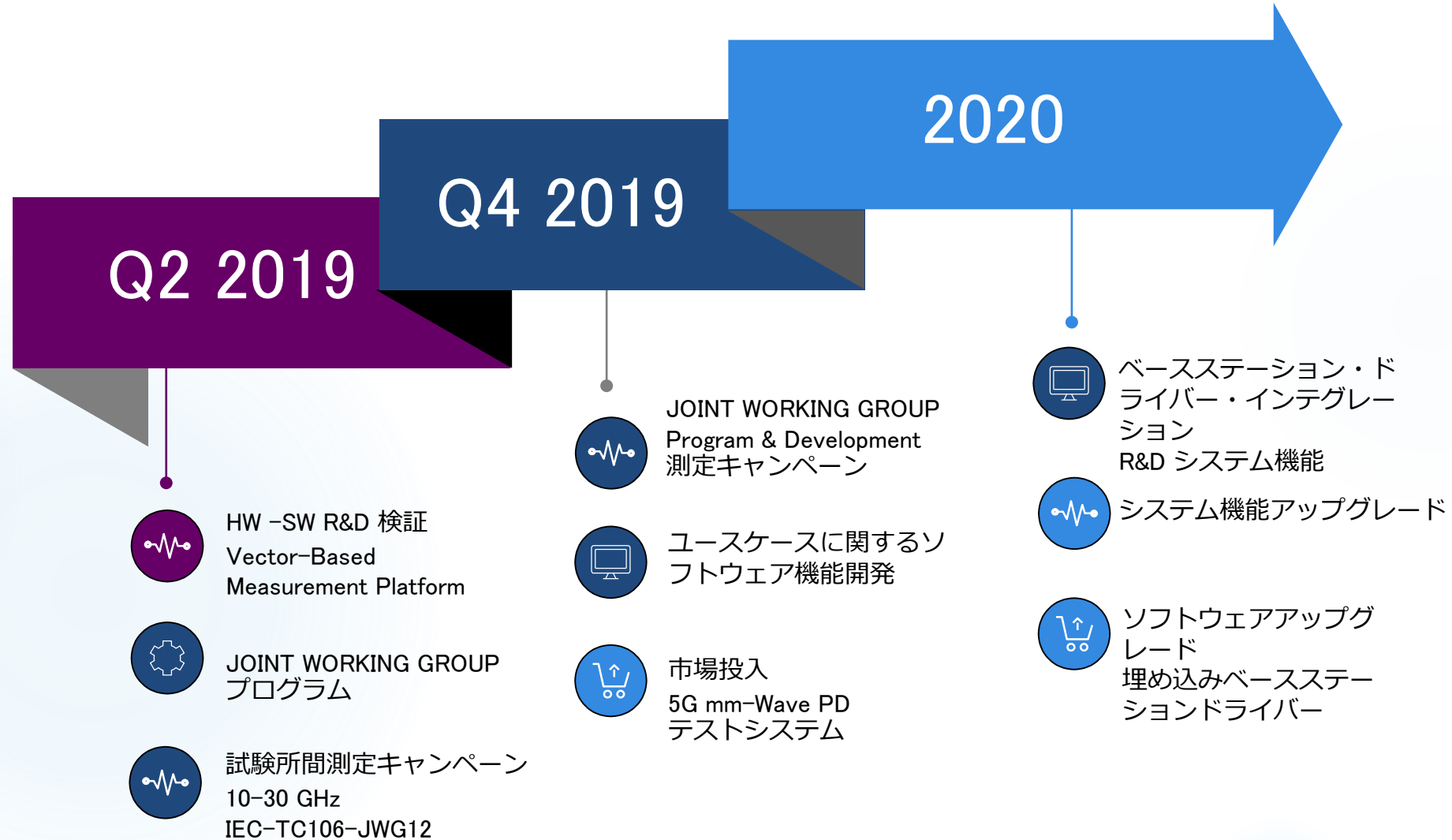
# 2018-2019 Sub-6 GHz 5G SAR モジュールタイムライン





# 2018-2020 mm-Wave PD システムタイムライン

15



共同作業部会:  
ソリューション・ロードマップと  
フィードバックセッション  
正しいテストソリューションを提供する  
パートナーシップ

## ▶ 新規無線テクノロジー

- ▶ 5Gは開発中であり、市場は未成熟である
- ▶ 携帯電話メーカー、ネットワーク事業者はR&Dステージであり、課題を特定中である
- ▶ 既製のソリューションには限界がある
- ▶ 5Gの開発を遅らせることのないEMFテストソリューションを達成するには、画期的なテクノロジーが必要である

## ▶ RF および Vector VNF システムは適切なテストソリューションである

- ▶ ART-Fiは、5G暴露適合の課題に効率的に対処するため専用作業部会を設立している
  - ▶ 大手携帯電話メーカー、ネットワーク事業者および試験所も参加している
- ▶ 5G sub-6 GHz用ソフトウェアアップグレード
- ▶ mm-Wave用新規測定プラットフォーム
- ▶ RF Vector EM-field 測定システム用独自のIPを利用

## ▶ ロードマップの共有およびフィードバックセッションに参加して、お客様のニーズに最適なソリューションをどうぞ

最良のQoSを備え、よりスマートな携帯電話を生み出す  
画期的で利用可能な技術力のあるダイナミックでやる気に  
満ちたチーム

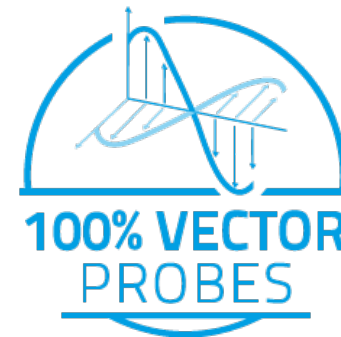
ART-Fi

2, rue Jacques Monod  
91400, Orsay

France

[sergio.arianos@art-fi.eu](mailto:sergio.arianos@art-fi.eu)

[www.art-fi.eu](http://www.art-fi.eu)

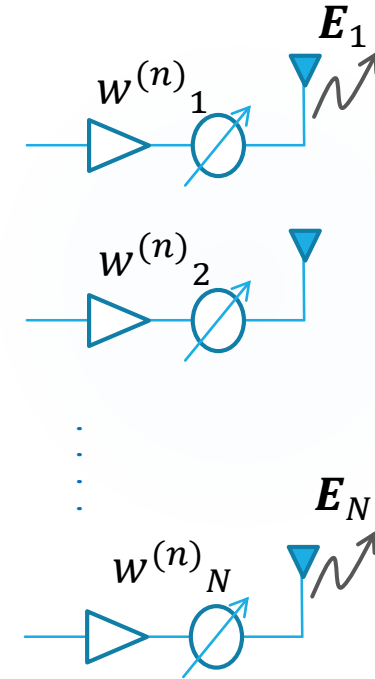


# Annex-I 最速かつ正確な 5G Sub-6 GHz Mu-MIMO 試験システム

- ▶ 各アンテナの重み付けをされた各E-field phasors  $E_{i=1:N}$ のベクトル和としてのN-antenna arrayのE-field vector  $E^{(n)}$ のフェーザー

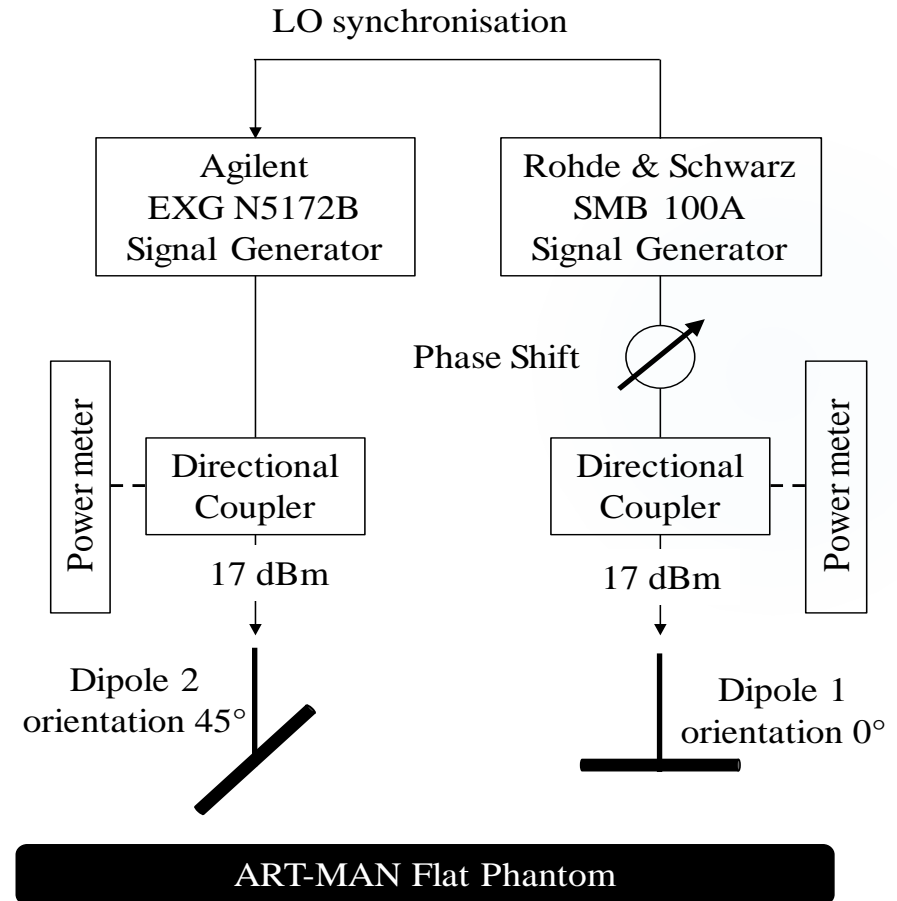
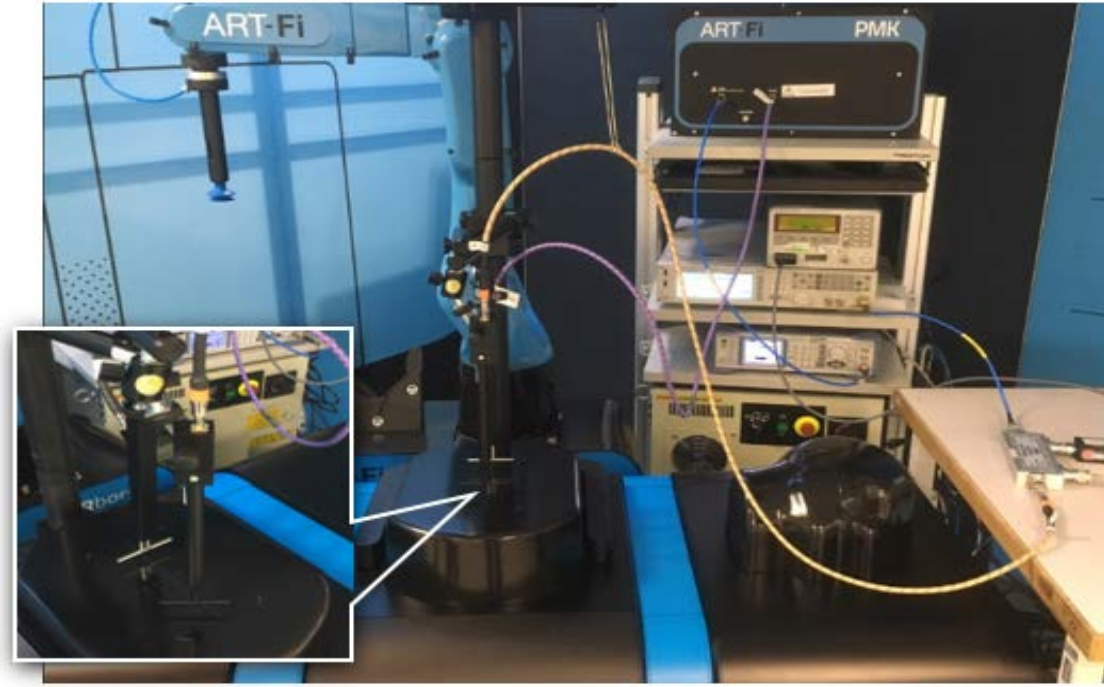
$$E^{(n)}(x, y, z) = \sum_{i=1}^N w^{(n)}_i \cdot E_i(x, y, z) \left[ \frac{V}{m} \right]$$

- ▶ 実際のピークSAR/PD決定用に全アレー干渉を試験するのは非実用的に多い測定数( $n$ )が必要である
- ▶ その結果、MIMO-SAR/PDテスト期間を短期化するための合理的だがスローで保守的な手順となった
  - ▶ 保守的な手順では、暴露の準拠確保のためにOTA性能やサービス品質をトレードオフする必要がある
- ▶ ART-FiのテクノロジーがTRUE SAR/PDの実用的でもっとも効率的なテストを可能にする
  - ▶ 較正されたvector E-field probe-arrayを使用する位相コヒーレント測定
  - ▶ DUT Phased-Arrayの同時励起からの個別アンテナフィールドの抽出
  - ▶ ad-hoc SAR システムに関しては必要な測定数が1/6に減少





# デモンストレーション・セットアップ



Two dipoles operate at 1.9 GHz, distant by  $0.5\lambda$  and relative orientation of  $45^\circ$

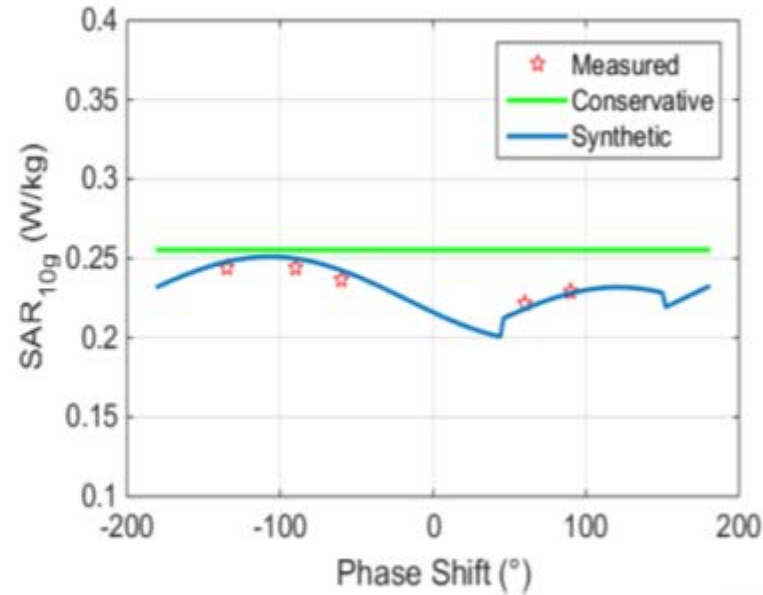
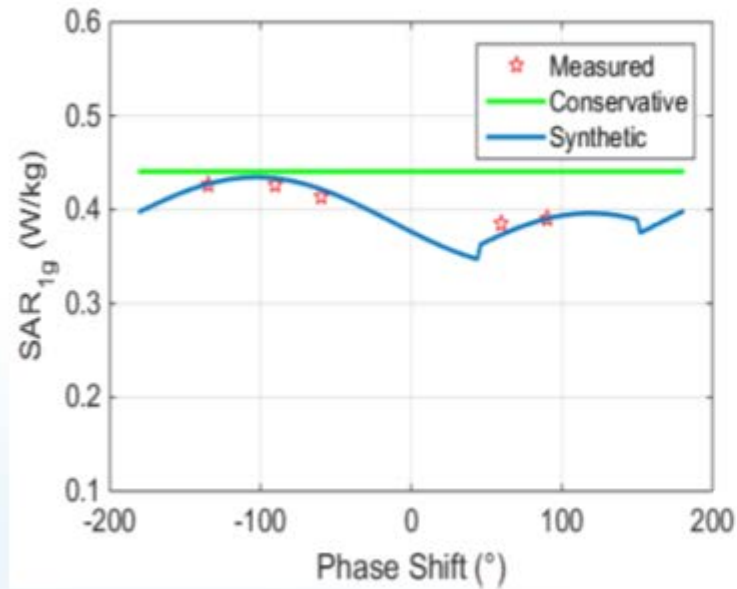
# MIMO アンテナのVector Field Phasors antennas 測定手順

- ▶ #1 アンテナポートの逐次励起のためのベクトル電場測定;  $\mathbf{E}_1$ および  $\mathbf{E}_2$
- ▶ #2 一つのアンテナポートに強制位相シフト $\varphi_0$ を用いた同時励起用Vector E-field測定;  $\mathbf{E}_{\text{cmb}}$
- ▶ #3 測定された  $|\mathbf{E}_{\text{cmb}}|$  および 重ね合わせ  $|\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 \cdot e^{j(\varphi_0 + \beta)}|$  の振幅のRMSEを最小化する位相シフト $\beta$  の計算

$$\min_{\beta} \left\| \sqrt{\sum_{p=x,y,z} |E_{1,p}(x, y, z_0) + E_{2,p}(x, y, z_0) \cdot e^{j(\varphi_0 + \beta)}|^2} - \sqrt{\sum_{p=x,y,z} |E_{\text{cmb},p}(x, y, z_0)|^2} \right\|$$

- ▶ #4 全てのアレイ干渉状態に対する総E/H-fieldの計算
- ▶ #5 MIMOデバイスの最大SAR / PDの評価

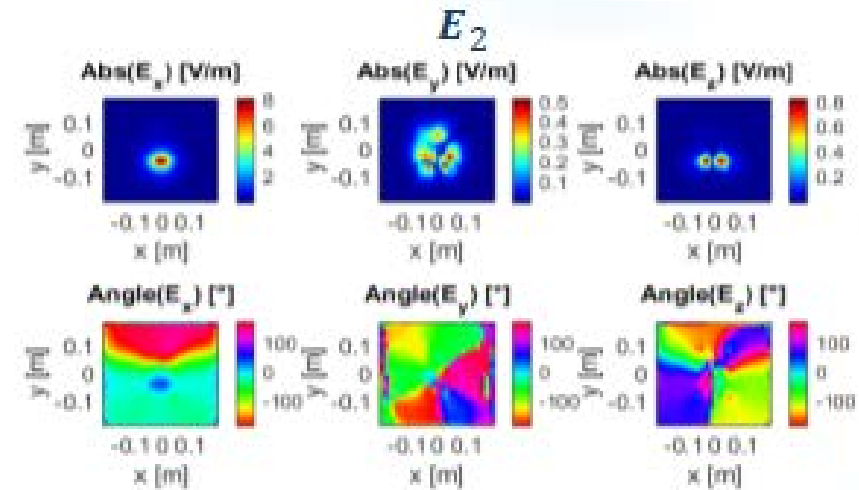
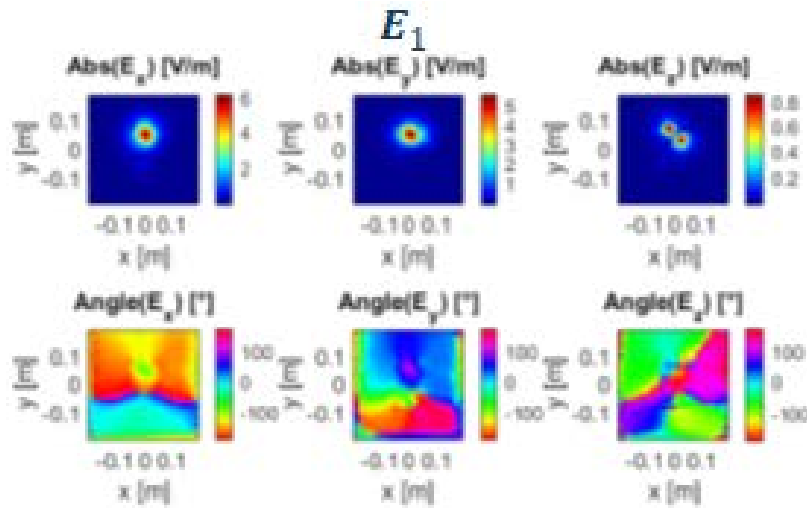
# SAR 結果 – mm-Wave MIMO PDへの適用



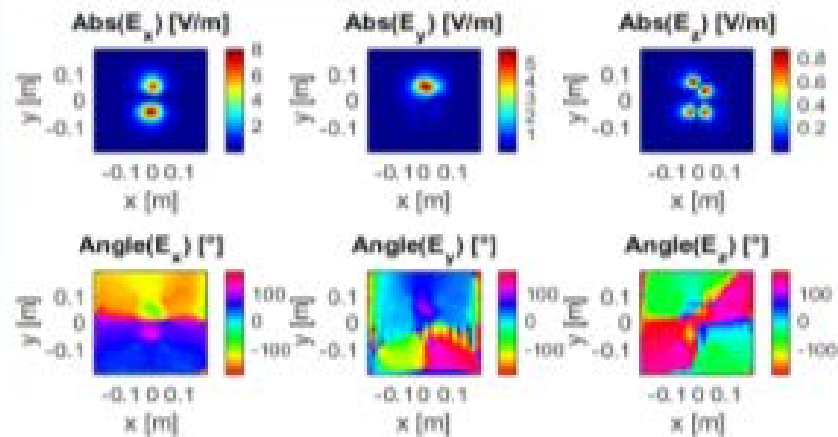
- ▶ 測定 (Measured) (\*) アンテナポートの既知の位相シフトによる同時励起用
- ▶ 保守的 (Conservative) (□) 順次フィールドから個別フィールドへの合成値
- ▶ 合成 (Synthesized) (□) 順次フィールドおよび位相シフト補正を形成する個別フィールドの合成ベクター

可能なN-antenna phase-shifter 値の全評価には N+1 測定のみでよい  
Phase-Coherent 測定 & 較正された vector E-field probe-arrayが必要である  
当社のプローブ較正測定手順は Massive-MIMO Arraysの較正に適用できる

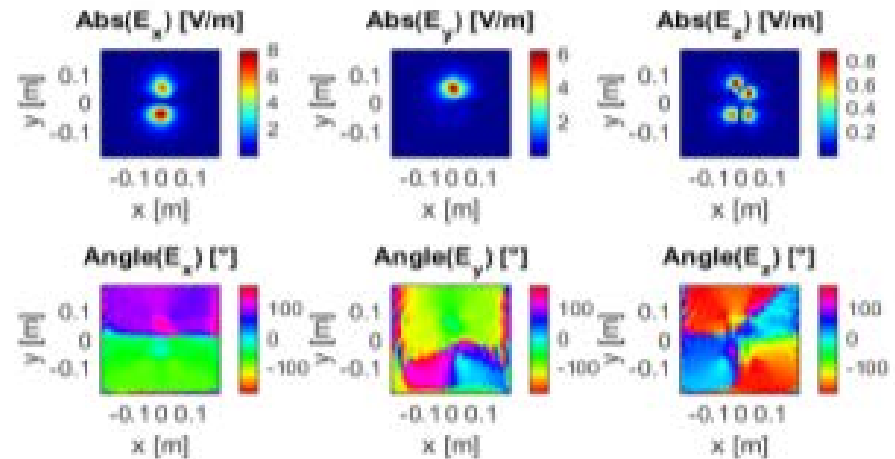
# E-field フェーザの結果



$$E_{comb} = E_1 + E_2 \cdot e^{j(\varphi_0)}$$



$$E_1 + E_2 \cdot e^{j(\varphi_0 + \beta)}$$



DUT Phased-Arrayの同時励起からの各アンテナフィールド抽出  
当社のプローブ校正測定手順は Massive-MIMO Arraysの校正に適用できる

# MIMO-SAR/PD 試験における進展

## 保守的なMIMO-SAR 決定

- ▶ RMS フィールドに基づく測定
- ▶ Magnitude field またはフィールドコンポーネントの複合 [N. Perentos, et al.]

## ▶ true MIMO-SAR/PD 用Vector E-field フェーザ検索

- ▶ RMS フィールドに基づく測定
- ▶  $N$  アンテナアレーに $N(N-1)+1$ フェーズシフトを行う
- ▶ MIMO-SAR 評価用retried  $N$  フェーザーの重み付け総和 [D. T. Le, et al.]

## ▶ true MIMO-SAR/PD 用Direct Vector E-field フェーザ測定

- ▶ 複合フィールドデータの知識が必要
- ▶  $N$  アンテナシステム用に $N$ 測定のみが必要
- ▶ MIMO-SAR/PD用測定された  $N$  複合フェーザーのベクトルの和[D. T. Le, et al.]
- ▶ PDとTRPのバランスをとるための最大化と最適化の方法[B. Xu, et al.]
- ▶ Vector システムは速く かつ 実際の MIMO SAR/PD 試験を可能にするが、アクティブデバイスへの課題を含んでいる

- ▶ **L. Aberbour, O. Jawad, M. Ramdani, P. Giry, T. Julien**, "Efficient Experimental Assessment of the Specific Absorption Rate (SAR) Induced by MIMO Wireless Communication Devices; Application of Vector near-Field Measurement System," Proc. of the IEEE 2018-CAMA, Vasteras, Sweden.
- ▶ **N. Perentos, S. Iskra, A. Faraone, R. J. McKenzie, G. Bit-Babik, and V. Anderson**, "Exposure compliance methodologies for multiple input multiple output (MIMO) enabled networks and terminals," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 2, pp. 644–653, Feb. 2012.
- ▶ **D. T. Le, L. Hamada, S. Watanabe and T. Onishi**, "A Fast Estimation Technique for Evaluating the Specific Absorption Rate of Multiple-Antenna Transmitting Devices," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 65, no. 4, pp. 1947-1957, April 2017.
- ▶ **B. Xu, M. Gustafsson, S. Shi, K. Zhao, Z. Ying and S. He**, "Radio Frequency Exposure Compliance of Multiple Antennas for Cellular Equipment Based on Semidefinite Relaxation," in *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*.
- ▶ **T. B. Hansen and A. D. Yaghjian**, "Plane Wave Theory of time Domain Fields", June 1999, Wiley-IEEE Press