ngVLA参画を見据えた 架空ケーブル配線による 周波数標準信号高安定伝送技術の実証

百瀬　宗武

（茨城大→国立天文台チリ観測所：今年一杯はクロスアポイントメント）

共同研究者：木内等，泉拓磨，西村淳，… （募集中）

昨年度　基盤B（PI 百瀬）不採択　→

今年度　基盤Aで再チャレンジ（PI 泉拓磨）予定

国立天文台 NAOJ National Astronomical Observatory of Japan

次世代大型電波干渉計 ngVLA 概要

- 周波数帯域 ：1.2 – 116 GHz ---SKAとALMAを繋ぐ---，汎用型天体望遠鏡
- 現状に比べ約10倍の集光力, 10倍以上の空間分解能を実現
- 日本貢献案: 研究者層 + 技術的 readiness/uniqueness から10-20%を想定
  (例：ALMA の論文貢献 ~ 20%)
  - 2025　まで　設計・試作準備
  - 2026 – 2027 試作機製造に向けた詳細検討
  - 2028 – 2031 試作機製造・試験，建設準備
  - 2032 – 2040 建設・初期運用，　2041- 本格運用

(註) TMTとの関係を考慮し，
米国NRAOのHPで掲載されている
タイムラインより約3年遅れを想定
(LBAやSBAのアンテナ + α ?)

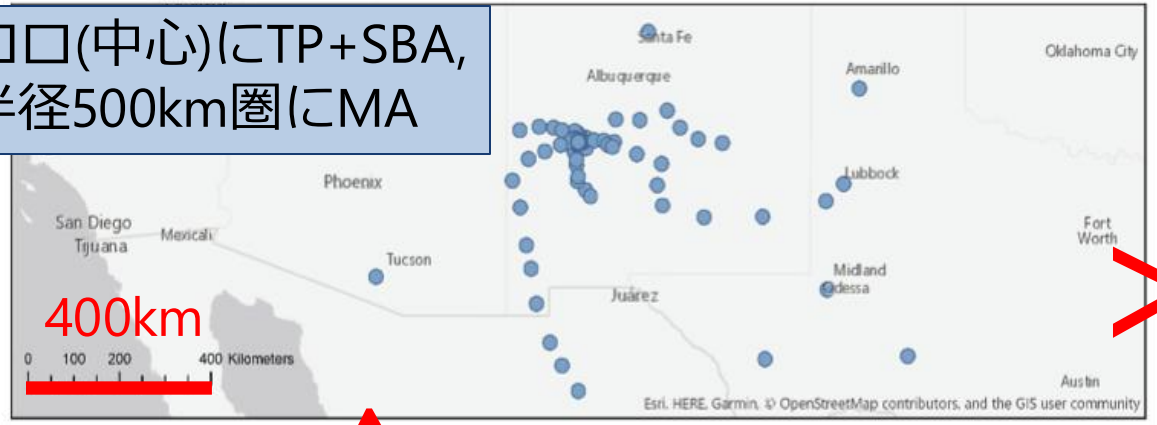
- 固定設置アンテナ267台(18m x 248; 6m x 19)，4つのサブアレイ
  - Main array : 18mアンテナ x 214台を　30m – 1,000 km の基線長で展開
  - Total Power (18m x 4) + Short Baseline Array (6m x 19) : 広がった放射成分を捕捉
  - Long Baseline Array (18m x 30)：　常時稼働する VLBId

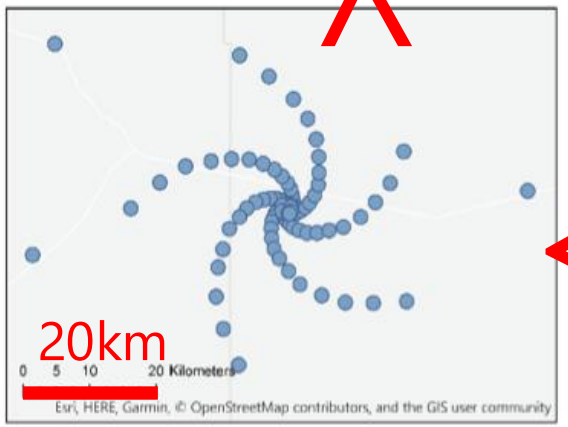
4つのサブアレイの配置図

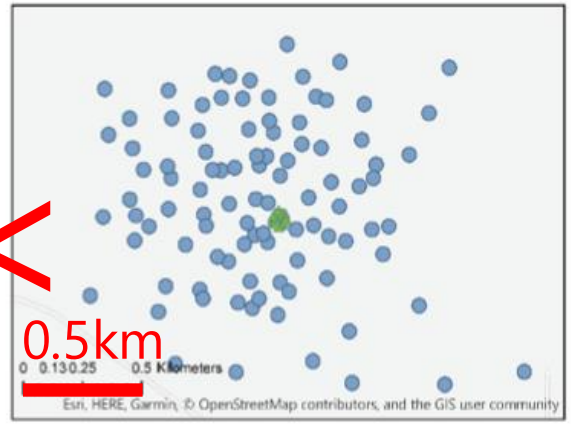
Array Element	Aperture Diameter	Quantity	B_{MIN}	B_{MAX}
Long Baseline Array	18m	30	100 m	8860 km
Main Array	18m	214	30 m	1005 km
Short Baseline Array	6m	19	11 m	56 m
Total Power/Single Dish[2]	18m	4	-	-

- アンテナは全て固定
- 4つのサブアレイは独立した運用も可能
  - Total power から常時使えるVLBIまで
  - Main arrayと結合したイメージング

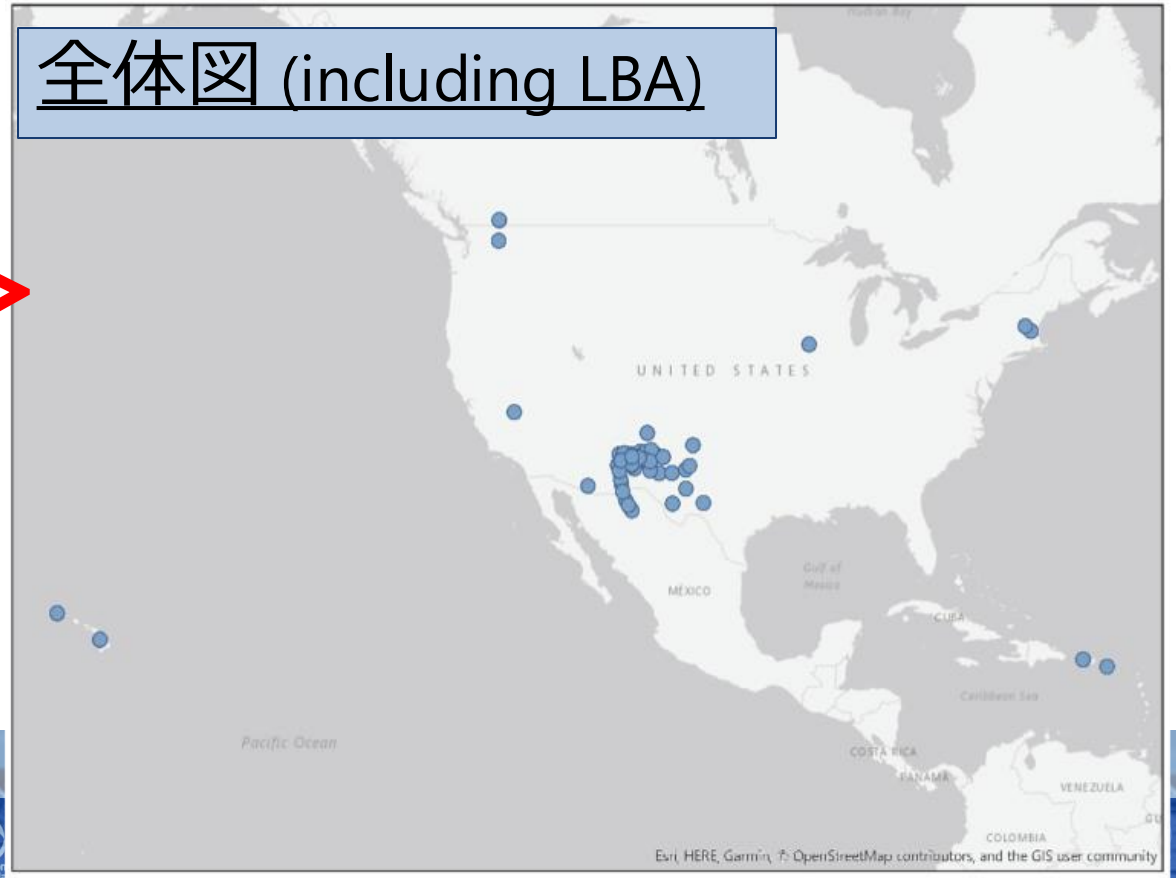
ソコロ(中心)にTP+SBA,
半径500km圏にMA



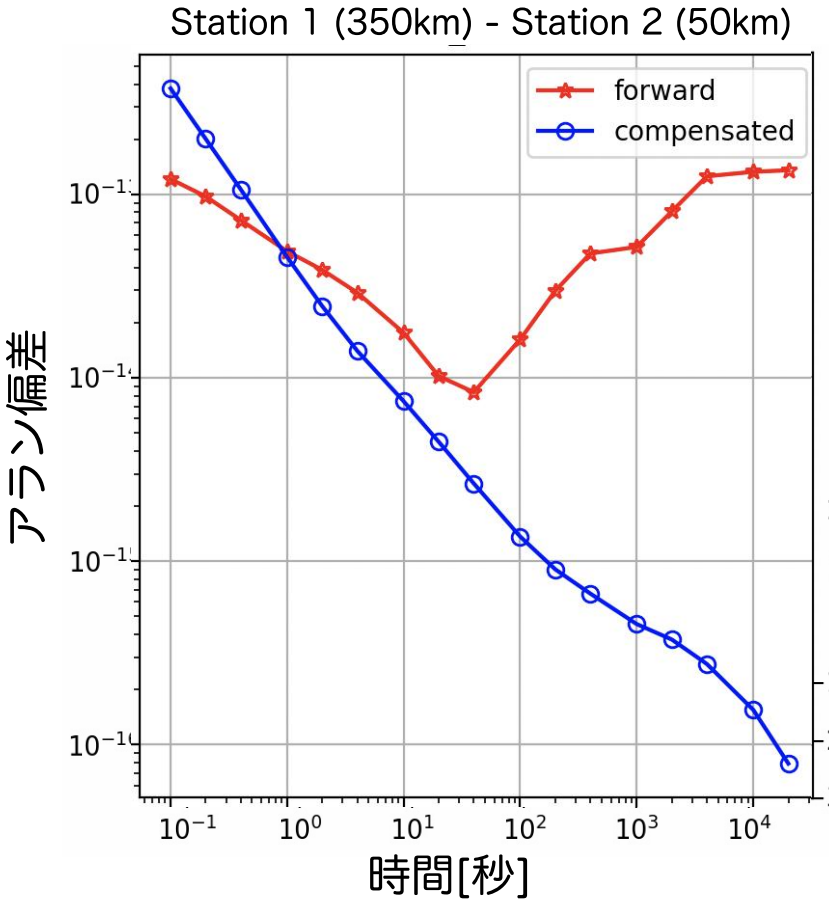


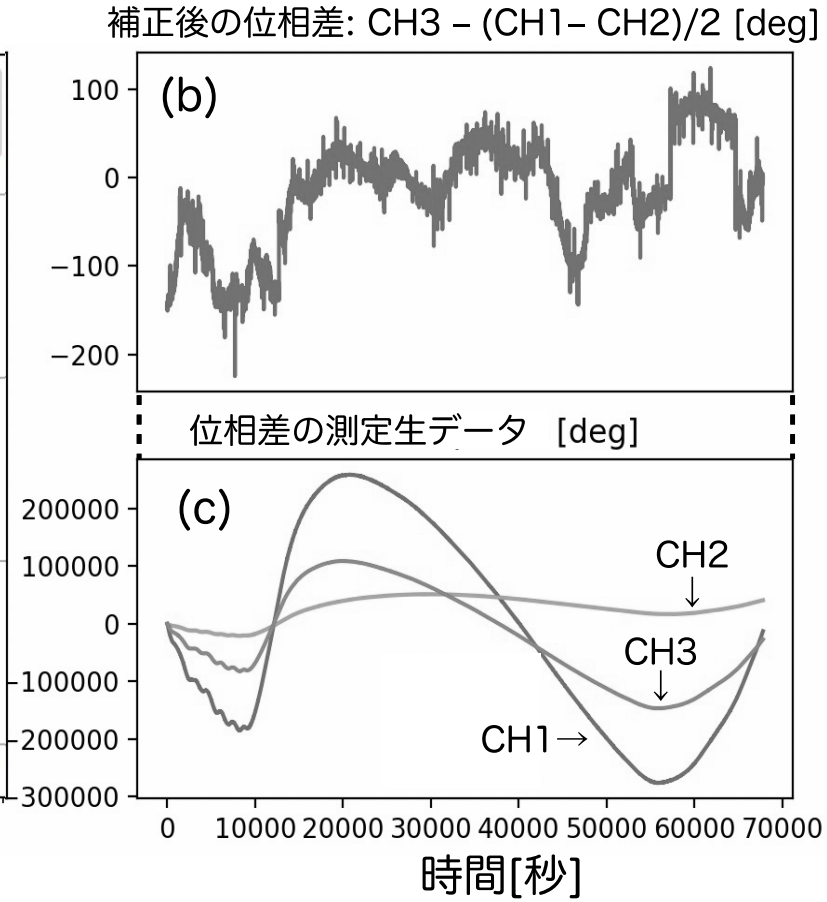


全体図 (including LBA)



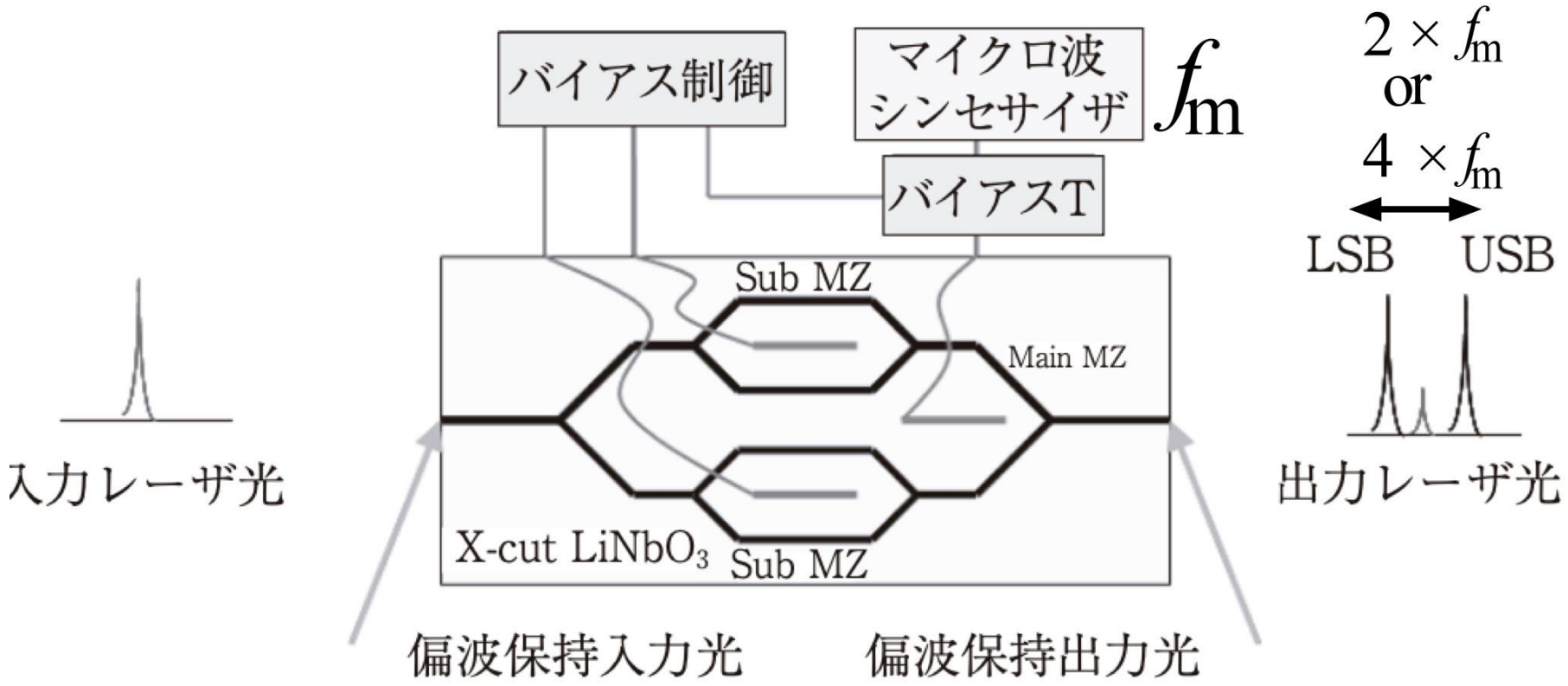
日本の貢献アイテム候補：周波数標準分配システムが NRAO Conceptual Design Reviewをパス（木内他）





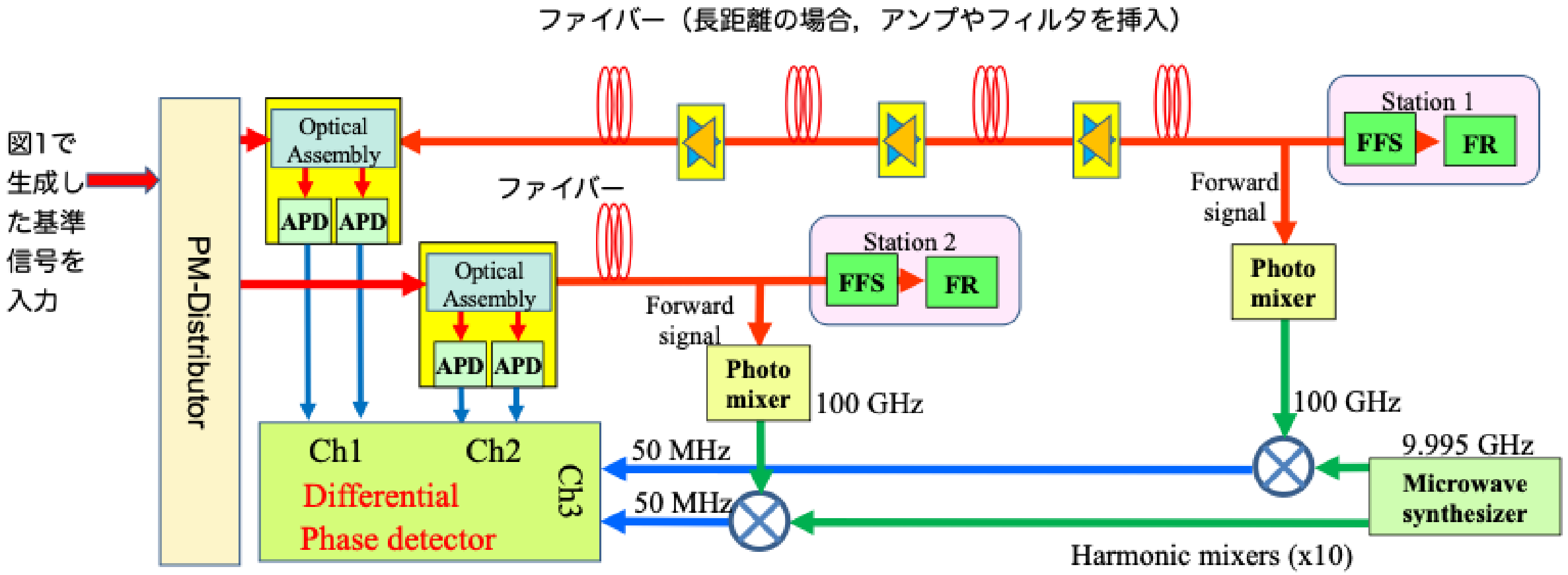
今年からプロトタイプアンテナ（VLAサイト）で搭載試験
＋ 百瀬科研費（曝露したファイバーでの安定性試験）

レーザーの差周波としてマイクロ波を伝送



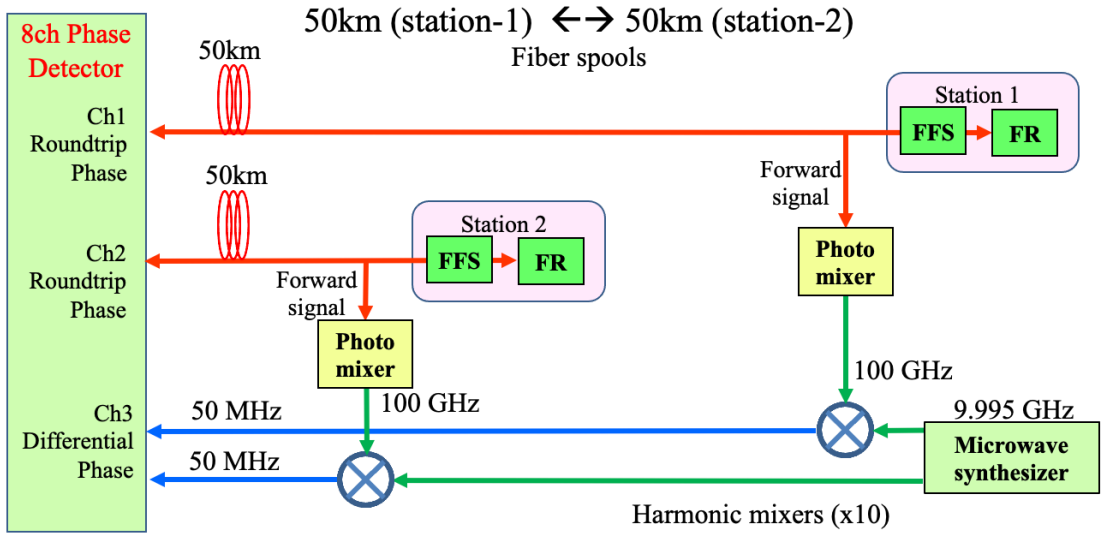
MZ変調器を用いた基準信号発生。マイクロ波変調周波数f_mの2倍，もしくは4倍の差周波を持つレーザー光が出力。

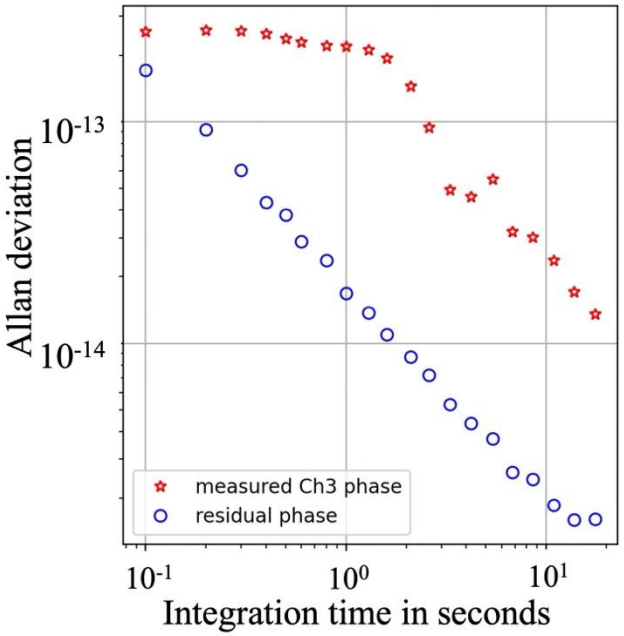
周波数標準信号の高安定伝送

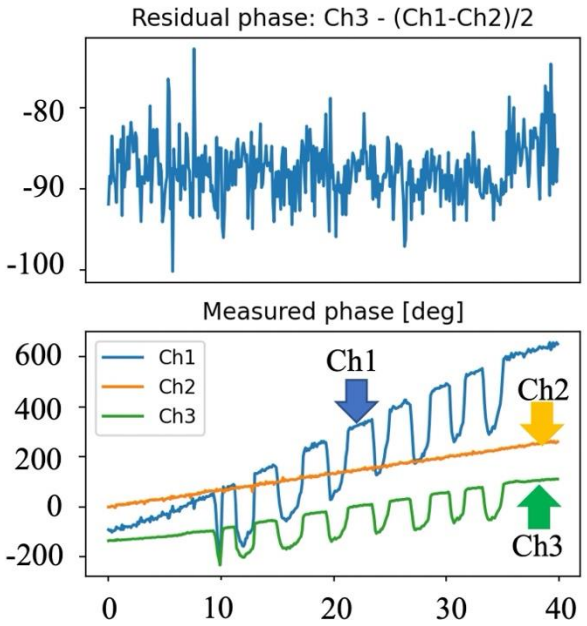


想定する基準信号伝送システム。2素子分(Station 1,2)のみ。素子アンテナへのマイクロ波基準信号は一対2周波数のレーザー光として送出される。アンテナではフォトミキサでマイクロ波に戻されるが，一部の光はファイバー周波数シフタ(FFS)で周波数を僅かにずらされた後，ファラデーリフレクタ(FR)で反射され帰還し，ファイバー長補正を可能にする(Ch1,2)。基準信号間の位相差は，ダウンコンバートして帰還させたもので測る(Ch3)

スコープ：実験室内での実験を拡張し ~50kmのケーブル長で屋外に敷設し，温度・日射・外乱の影響を調査







The most basic test
100GHz signal transmission
through 50km fibers to two stations

During transmission experiment,
apply a slight pressure to the fiber spool (Station-1).

追求したい課題

<u>ケーブルの敷設条件</u>

架空配線による温度・日照・風による揺さぶりがある環境でも安定度保たれる？

OKであれば安価なケーブル敷設費用で，広範囲のコヒーレンスが確保。VLBI広帯域化等の応用も

実験必要：50km程度の長さで検証できれば十分

NRO航空写真：NMA台車レールは理想的？

- 見学者が立入禁止，台車も動かないだろう（昨年構想時）
- 長さ 400m 程度の架空配線可
  - 総長1kmの多心ケーブル（例：60芯）の端を融着接続，またはスプライス接続する）
  - ロープスティック＋フェンスネットで自力で敷設
- 台車格納庫，もしくは45Bで各種器具の雨露も凌げる

Monotaroにある候補物品

モノタロウ

ロープスティック 5本入

★★★★★ (23件のレビュー)

地面に打ち込み、安全通路・立入禁止区域の確保などにトラロープやネットフェンスを張るための支柱です。
工事現場やイベントなどの保安管理に最適です。
ロープを通して立入禁止、囲いなどに使われます。
上部がリング形状でロープを通して使用します。
J型でロープを通す必要が無くロープの上から打ち込めます。
一定間隔で配置し金槌などを用い地面に叩き込んで固定します。
ブルーシート、防草シート等シート類や、トラロープなどを止めるのに使用する他、テントやタープ設営時のロープ固定、園芸等にも使用可能です。

簡単に打ち付けられてしっかりしている
（西村所長談）

Monotaroにある候補物品

フェンスネット ロール

注文コード

17493482

獣よけがあった方が良いかも（西村所長談）

NRO航空写真：NMA台車レールは理想的？

- 見学者が立入禁止，台車も動かないだろう（昨年構想時）
- 長さ 400m 程度の架空配線可
  - 総長1kmの多心ケーブル（例：60芯）の端を融着接続，またはスプライス接続する）
  - ロープスティック＋フェンスネットで自力で敷設
- 台車格納庫，もしくは45Bで各種器具の雨露も凌げる
- 将来的にファイバー実験のテストベンチに？

波及効果とまとめ

- 高精度な周波数標準・時刻標準信号の光伝送は，ngVLAを初め次世代の大型電波干渉計，VLBIにとってのキーとなる技術
- 野辺山で現実的環境下での実験を行える「プラットホーム」
  - 幅広い温度・自然環境が実現し，比較的自由に使える広いキャンパス
  - 45m望遠鏡で使う周波数標準信号を送る「デモ」も可能かも？
- 共同研究・実験参加に興味ある方は，百瀬にお声かけください