

34mパラボラアンテナと 時空計測の成果

34m運用終了 記念講演 2020.10.3

細川 瑞彦



鹿島大型アンテナの系譜

30mアンテナ 東京オリンピックの衛星中継

26mアンテナ VLBI技術開発 大陸移動を世界初検証

そして 34mアンテナ……

30m



26m



34m

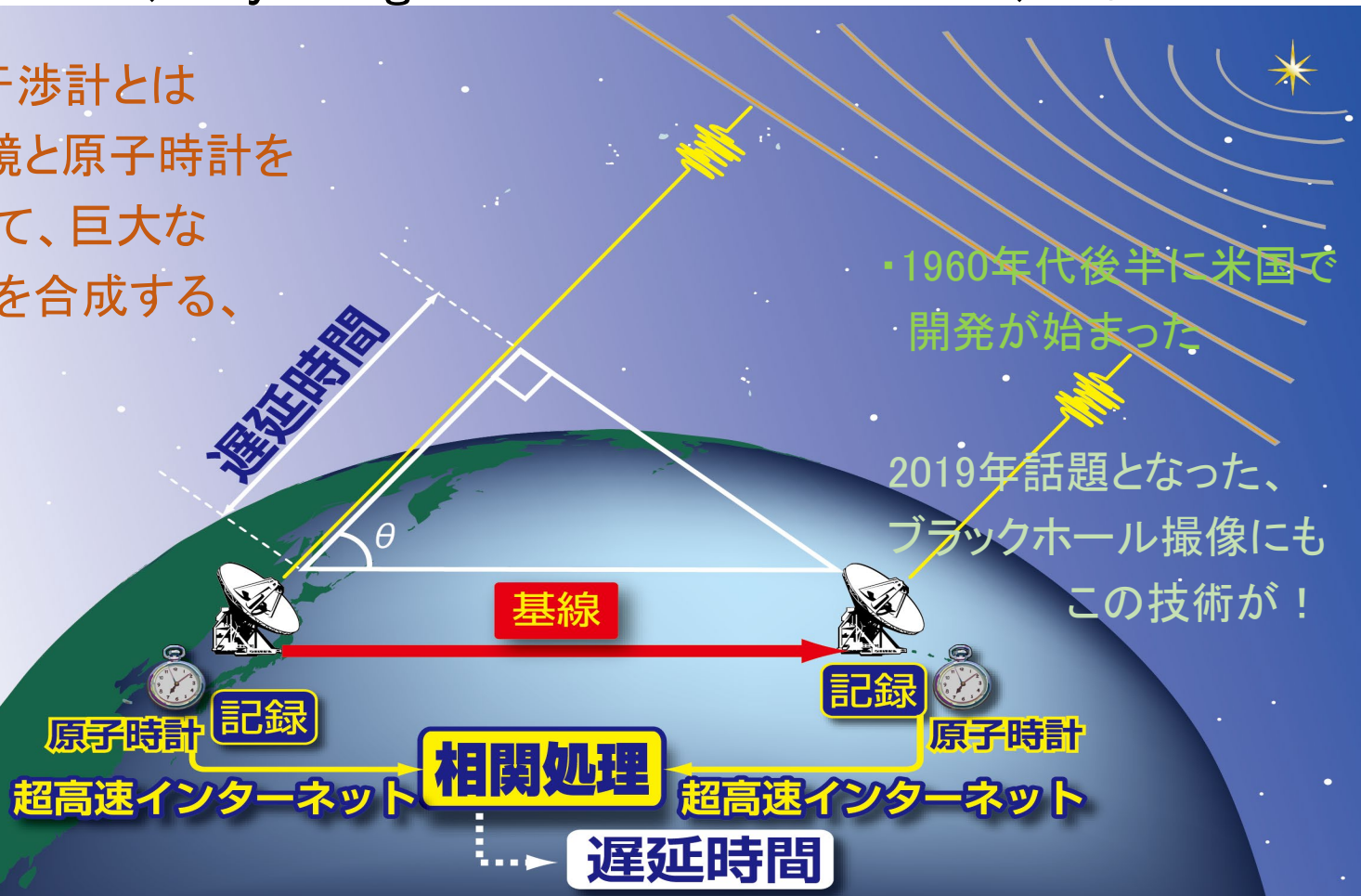


VLBI(Very Long Baseline Interferometer)とは

- ・超長基線干渉計とは
電波望遠鏡と原子時計を
組み合わせて、巨大な
電波望遠鏡を合成する、
夢の技術

・1960年代後半に米国で
開発が始まった

2019年話題となった、
ブラックホール撮像にも
この技術が！



電波研究所における開発の始まり

NASAからのTELEX(1971) アメリカでは凄い技術を開発しているらしい、と日本で話していたら、NASAからお誘いが・・・

VLBIに必要な技術 大型アンテナ、原子時計、信号記録、相関処理など
多くの国は自力開発ではなく技術導入

電波研は大型アンテナを持ち、水素メーザー原子時計を独自開発した実績あり(1965年、世界で三番目)

VLBIについても米国のシステムを単に導入ではなく、[独自開発に挑戦](#)

(日本のVLBI史、参考文献にURL)

VLBIレジェンドたちの熱い時代

独自開発を決定後、1975-1976 所内予算

1977.1 日本初の**VLBI実験**成功 鹿島 26m—横須賀通研 12.8m

1977.10 鹿島第3宇宙通信研究室 発足

初期メンバー 川尻、河野、高橋(富)、川口、小池、吉野

1978年度 第3宇宙通信研究室に正式な予算

1983～ 日米VLBI実験

1985 鹿島—ハワイ間の距離が毎年数cm短く

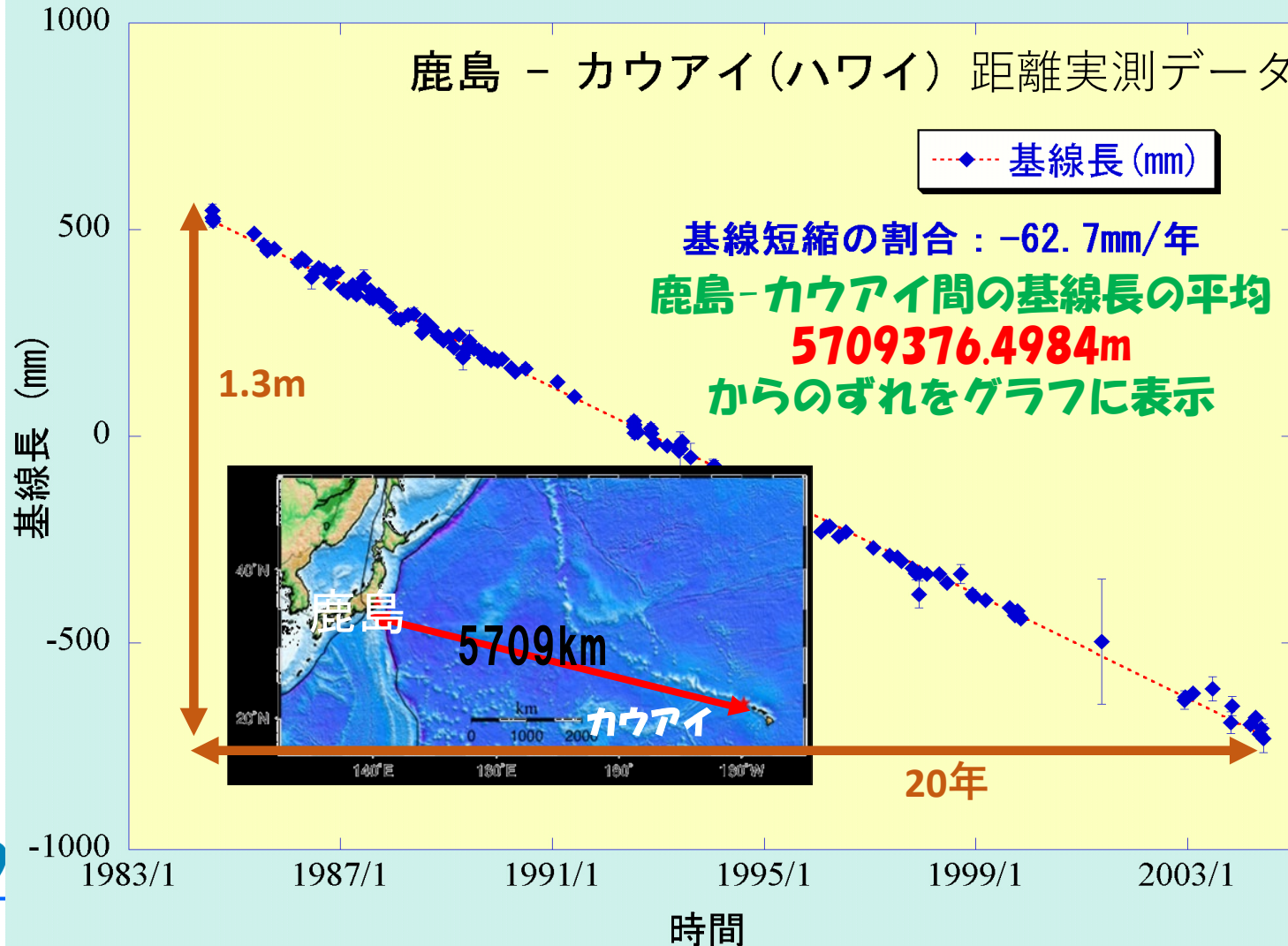
大陸移動の世界初の実測検証

毎日新聞1985.11.06 1面トップ記事

[日本沈没(小松左京)は1973年の出版]



鹿島 - カウアイ (ハワイ) 距離実測データ



そして34mアンテナ

- 1988年完成
- 西太平洋電波干渉計(VLBI)計画(日置、他)の主局
- パルサーなど新たな研究対象も
- 数々の成果
 - 詳細は次スライド&説明パネルを
- 30年以上にわたる運用の大変な苦労
 - 潮風との戦い、国産技術の導入
 - 2011.3.11を乗り越えて

ワールドカップ
誘致活動支援



鹿島34mの主要な成果

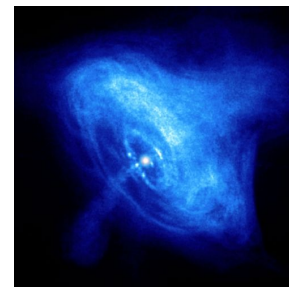
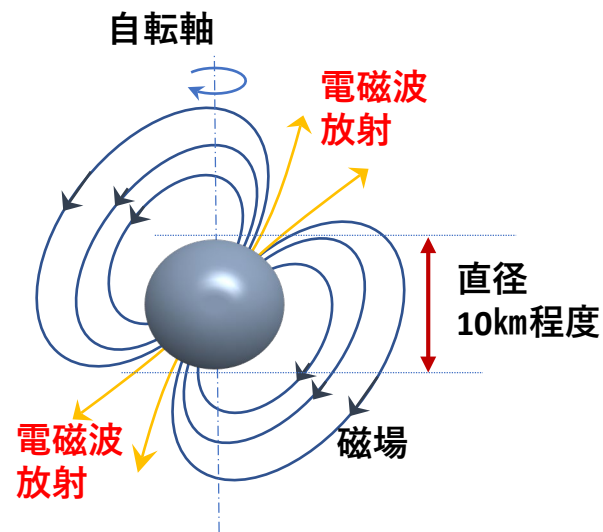
- 西太平洋VLBI
- ミリ秒パルサー
- スペースVLBI、VSOP
- リアルタイムVLBI
- 宇宙飛翔体の軌道決定
- 小惑星レーダー観測
- 惑星間シンチレーション観測
- 日本VLBIネットワークへの参加
- 日-イタリア 光格子時計の最高精度時刻比較



2016年 一般公開

パルサーによる時空計測

- パルサーとは
 - 寿命の尽きた星が収縮
 - 高速回転、強磁場
- 高速回転するミリ秒パルサー
 - 原子時計を超えるかもしれない高精度の信号
 - 宇宙の中での地球の自転、公転が見える
 - VLBIで電波星との相対位置がわかる
- 高精度時空計測においては宇宙の灯台
 - 弱い電波、間欠的な信号
 - 様々な工夫が必要



カニパルサー(写真：NASA
Chandler-X線望遠鏡)

34mでのパルサー観測

- ・ **タイミング計測**（花土、今江）

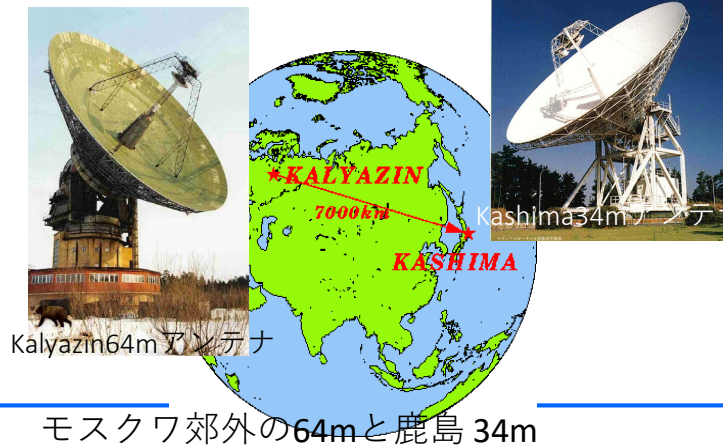
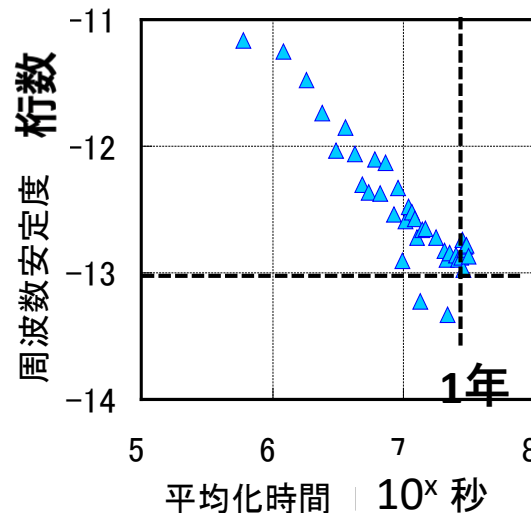
広い周波数の信号を集めて高感度に
一年間で 10^{-13} 、原子時計に匹敵する精度、
標準時への可能性

- ・ **VLBI位置計測**（関戸、浜、今江）

ロシアの研究所と共同研究により7000km
離れたモスクワ郊外の64mと1995-2000年
にわたって幾つかのパルサーをVLBI観測し、
それらの位置とその変化を検出

34mの限界、原子時計の革命的進歩などで
両プロジェクトは、2005年に終了

観測日毎の平均残差によるアラン分散



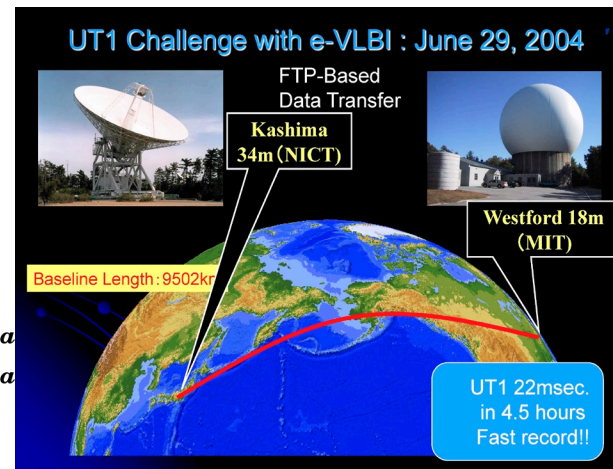
リアルタイムVLBI

従来のVLBIは結果が出るまで長い時間がかかる
首都圏広域地殻変動(KSP)プロジェクトでの実績が下地に
観測データを高速ネットワークで送信、迅速にデータ処理
高速ネットワーク時代の最先端応用としての研究成果も多数(アーキテクチャ研)
ハードウェア、データインターフェース、データ形式などで
鹿島チームは世界をリードする議論と開発

2004年、米 MITと、地球回転観測最速記録の緒

2007年、スウェーデン、フィンランドと

2009年 国際天文年で全世界デモ



小型アンテナと国際時間比較

小型アンテナ開発は、1980年代以来の鹿島チームの伝統

南大東島3m、可搬VLBI

VLBIの感度は、二つのアンテナの**口径の積**に比例

34mは比較的大口径 → 相手側は小さくてもそれなりの感度

VLBIの感度は、**受信周波数の広さ**(帯域)にも比例

世界トップクラスの広い受信周波数帯域システムを開発

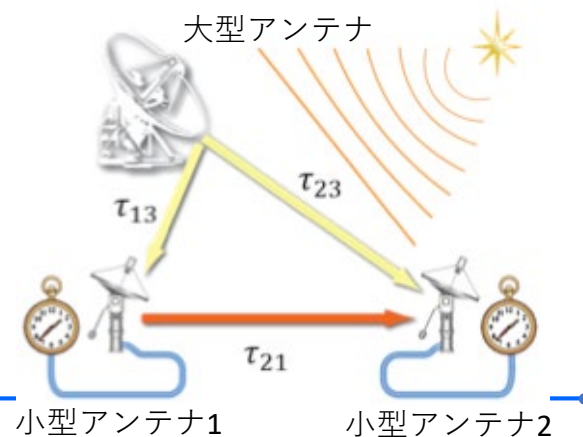
VLBIの**弱点**: 観測局が少ないこと

この弱点の解消: 大型局と二つの可搬小型局で

「どこでもVLBI」の可能性

距離基準 そして 国際時刻比較へ

最先端の光格子時計の比較



文献

“日本のVLBI史”で検索

<http://www2.nict.go.jp/sts/stmg/K3-Book/web/index.html>

情報通信研究機構研究報告

<http://www.nict.go.jp/data/research-report/index.html>

よりたどって、

電波研究所季報 Vol.30 No.1 (1984)

通信総合研究所季報 Vol.36 (1990) No.8, Vol.47 No.1 (2001) など

多くの関連特集号

まとめ

- 鹿島は宇宙電波、VLBIの日本のルーツ
 - 電波研は衛星通信、原子時計開発などの実績があった
 - NASAからの誘い、自力開発の決断をしたことが始まり
 - ハワイの接近、大陸移動を実測により検証
- 34mアンテナ導入と、様々な成果
 - ここではパルサー、リアルタイムVLBI、時刻比較
 - 詳しくは成果集パネルなどを
 - <http://www2.nict.go.jp/sts/stmg/34m/antenna-34m/index-J.html#Panel>
- 精神を受け継ぎ、更なる進化を
 - 大型アンテナは無くなっても、新たな課題はある？
 - 自らが驚き、多くの人が感動するような研究開発を