

# 「計量器校正情報システムの研究開発」(略称e-trace) 第1回事後評価分科会説明資料

(研究開発実施期間:平成13年度～平成20年度)  
(評価対象期間:平成18～20年度)

## 議題6 プロジェクトの詳細説明(公開) 6-2 長さ標準 (1) 波長

平成21年11月21日(土)

### 分野2. 1 長さ標準:波長(フェムト秒:光波距離計)

NEDO研究評価委員会  
e-trace 第1回分科会  
平成21年11月21日

所属 :計測標準研究部門  
長さ標準研究室  
担当者名: 美濃島 薫

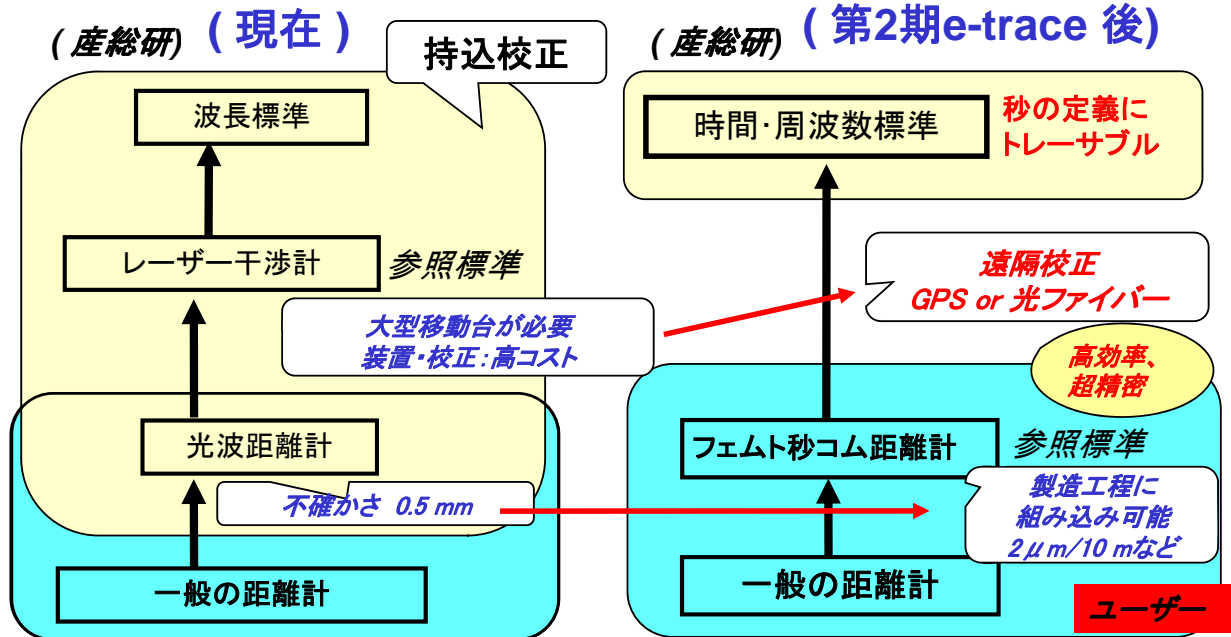
#### 1. 研究開発の目標

フェムト秒パルスレーザーのモード間ビートを利用した距離測定技術を高精度化し、周波数の遠隔校正に基づき、また製造現場等の環境を配慮して、距離を $2\mu\text{m} / 10\text{m}$ の不確かさで測定する。

- 短～中距離(産業用)をターゲット: 干渉測長機の置き換え
- より高精度化:  $2\mu\text{m} / 10\text{m}$ まで
- 国際比較の実施(光波距離計)
- 【技術課題】**環境安定化**: レーザー・距離計装置の安定化、長距離ファイバ伝送  
**高精度化**: 測定の高周波数化、位相測定の高精度化(電気・光学系)

## 2. 概念説明

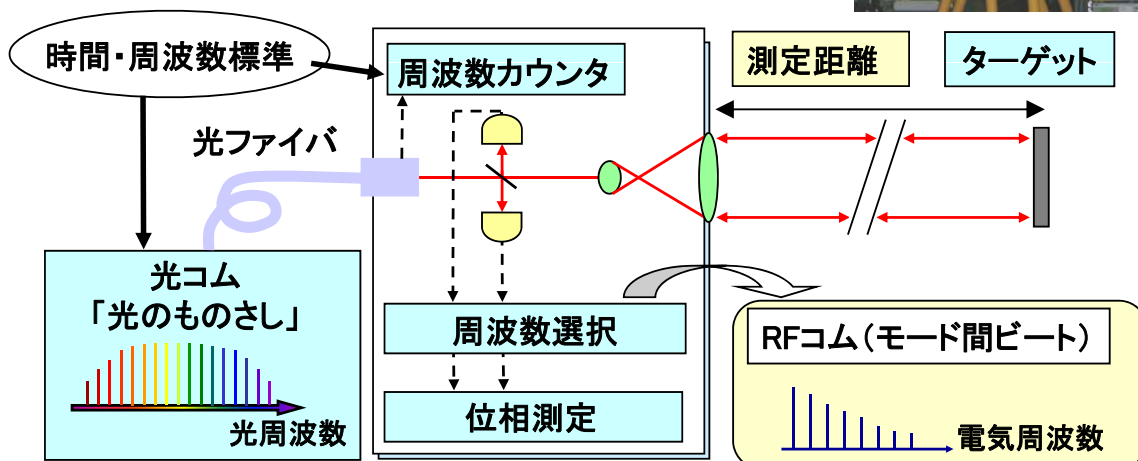
### 距離計のトレーサビリティ



実用長さ標準においても、周波数トレーサブルへ。日本が先頭で推進。

## 3. 最終目標に対する成果-1

- 光コム、距離計の環境安定性向上
- 距離測定の実用環境範囲の拡大

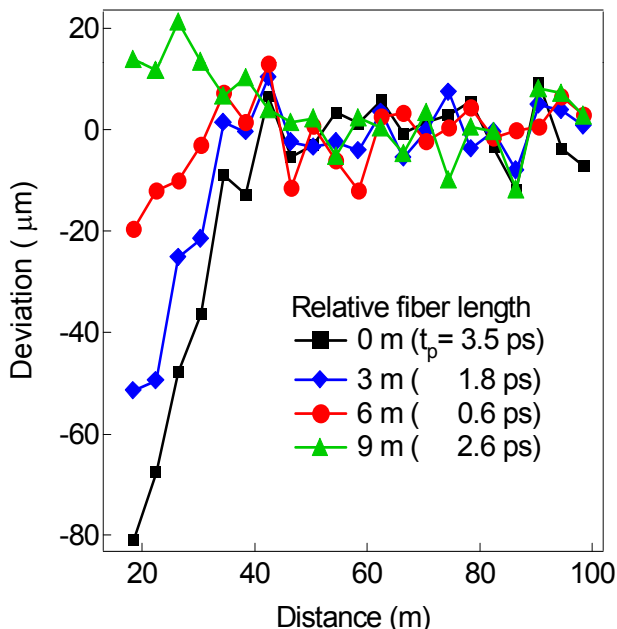


### 3. 最終目標に対する成果－2

#### 「比例誤差」の低減

$$L' = (1 + s) \times L + a$$

比例誤差：距離依存の誤差。絶対測定で重要



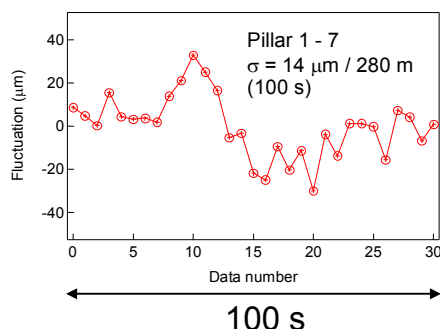
産総研光学トンネル内

現行の参照標準との比較で、  
比例誤差 0.2 ppm以下  
(距離200 mまで) を実現

### 3. 最終目標に対する成果－3

#### APMP国際比較での時間周波数標準に基づく 距離校正の新方式の実証

- 2006年9月～10月
- 韓国標準研 KRISS(韓国 大田市)にて
- 屋外7点基線、最長 280 m
- APMP域内初の距離計国際比較。先導的に実施
- 韓国、台湾、フィンランド、日本(EDM、コム距離計)



屋外での高精度測定が実現

stability:  $\sigma = 14 \mu\text{m} (@280 \text{ m})$

$\sim 5 \times 10^{-8}$

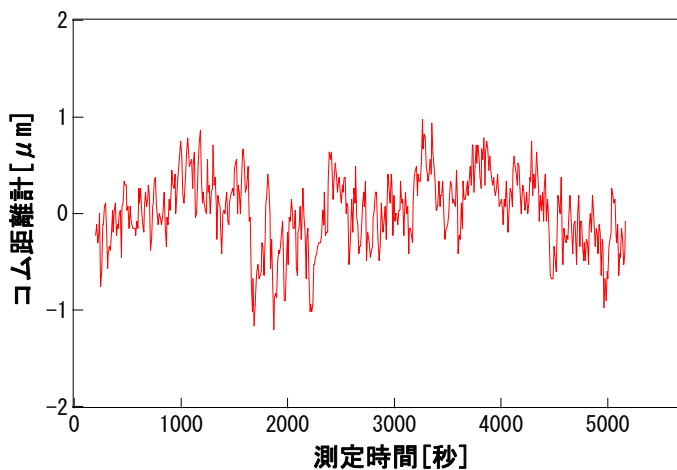
## 国際比較@韓国



### 3. 最終目標に対する成果－4

#### 測定周波数の高周波化による分解能向上

短距離 < 1 m  
(空気揺らぎ小)  
積算時間 10秒



標準偏差=0.38  $\mu\text{m}$  (5000秒)  
=0.19  $\mu\text{m}$  (500秒)  
⇒サブマイクロメートル分解能の実現

光波干渉計との比較  
⇒ 0.08  $\mu\text{m}$  ± 0.15  $\mu\text{m}$  で一致  
サブフリンジ精度の実現

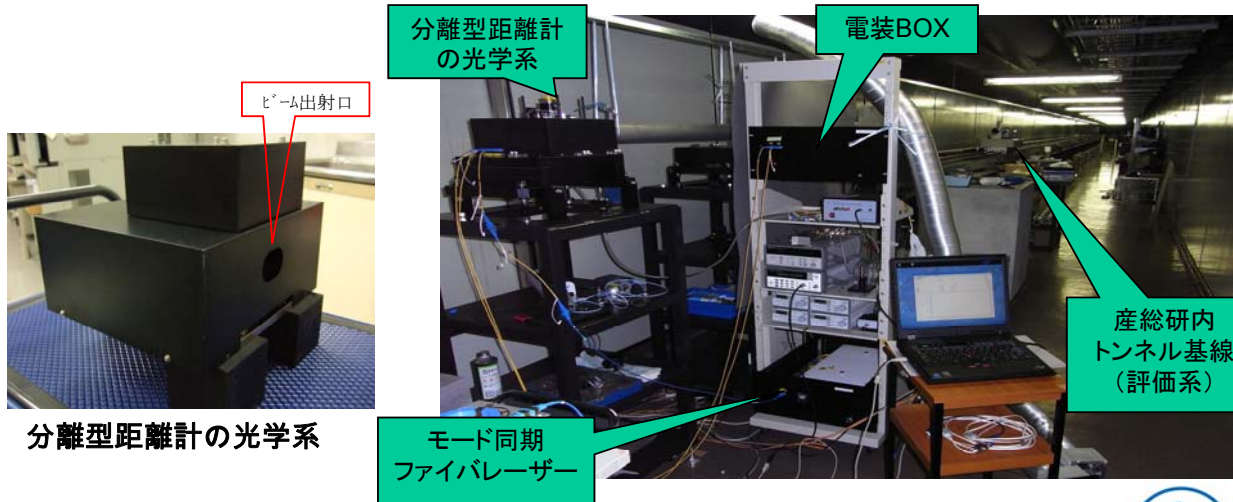
- ▶ 位相分解能に制限されずに、距離計自体の高精度評価が可能。
- ▶ 干渉計と組み合わせ、産業計測において高精度な絶対測定が可能になる。  
(環境揺らぎなどによるビーム遮断の問題を解決)



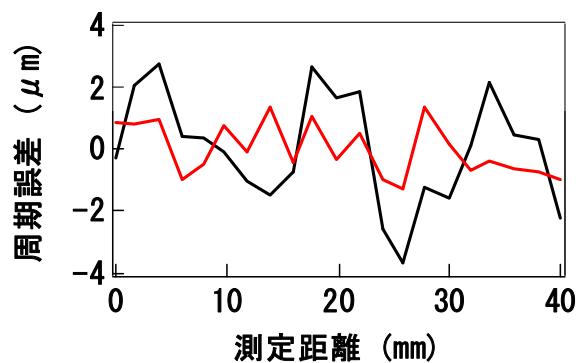
### 3. 最終目標に対する成果－5

#### 分離型コム距離計プロトタイプ機の開発

- 位相測定システムの高精度化
- 測定周波数にフレキシブルな位相測定回路
- 組み込みに適した光学系と電装系を分けた「分離型距離計」



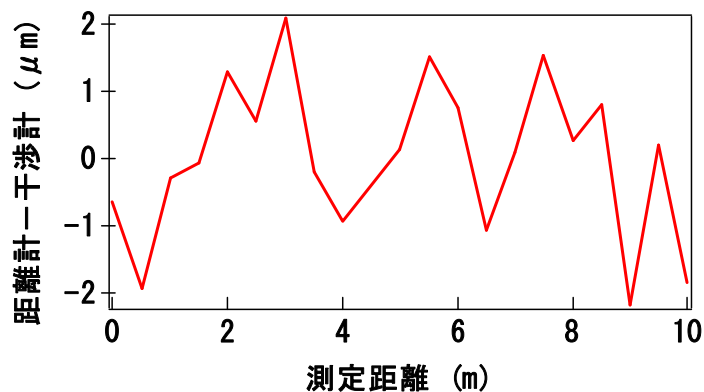
### 3. 最終目標に対する成果－6



周期誤差キャンセル機構

$\pm 3.2 \mu\text{m}$

➡  $\pm 1.5 \mu\text{m}$



現行参照標準との差

$\pm 2 \mu\text{m}/10 \text{ m}$

**最終目標達成**

## 4. 実用化の見通し

### (1) 成果の実用化可能性

- 成果：製造工程に組み込み可能な**参照標準器のプロトタイプ機を開発**  
国際比較によって、**時間周波数標準に基づく距離計校正法の実証**
- 共同研究先の企業において、**参照標準器としての実用化を予定**
  - **レーザー干渉計の代替**  
(精密位置決め装置や、市販の距離計を校正する参照標準器)
  - **ノンプリズム計測や50 μm以下の精度を持つ3D計測への応用**
  - まずは、社内での**製品評価用の基準器として実用化**

### (2) 波及効果

- 長距離の移動台等の**大型設備が不要になる。**
- **距離標準器としての製品化を、外国の標準研(ヨーロッパ、韓国、米国等)より、問い合わせ。**
- **自動車や航空業界などの産業計測、安心・安全のためのセンシング分野**におけるインパクトも大きい。すでに、**産業計測器、その標準器として**の問い合わせ。