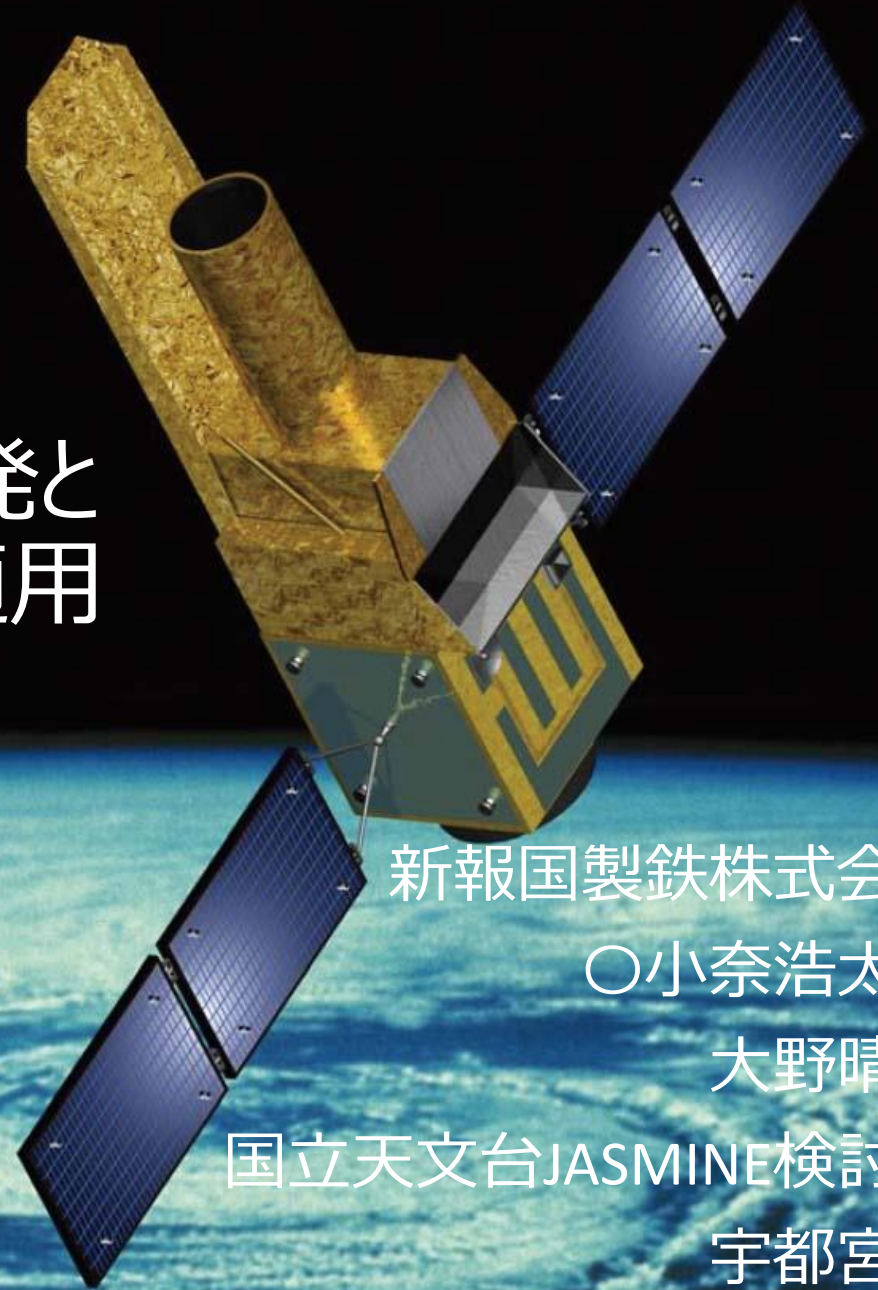


Small-JASMINE

National Astronomical Observatory of Japan
JASMINE Project Office

IC-LTXインバーの開発と 小型JASMINEへの適用



新報国製鉄株式会社

○小奈浩太郎

大野晴康

国立天文台JASMINE検討室

宇都宮真

新報国製鉄のインバー合金開発の歴史

- 1984年 Invar鋳鋼・Super Invar鋳鋼を実用化 **【IC-36】**・**【IC-36S】**
※日本で初めてインバー合金の鋳鋼(鋳物)を開発製造
- 1989年 快削性Super Invar鋳鋼を実用化 **【IC-36FS】**
-
- 2014年 液晶製造装置の大型鋳物で、高剛性Invarを実用化 **【IC-EX1】**
※特許取得
- 2015年 大型鋳物で高剛性Zero Invarを実用化 **【IC-ZX】**
※特許出願
- 2016年 耐極寒用Zero Invarを実用化 **【IC-LTX】**
※特許出願
- 2017年 究極のインバー合金を実用化 **【IC-DX】**
※特許出願
- 2019年 CFRP成形金型として高剛性・高強度Invarを開発
※特許出願 **【IC-EX2】** **【IC-HX】**

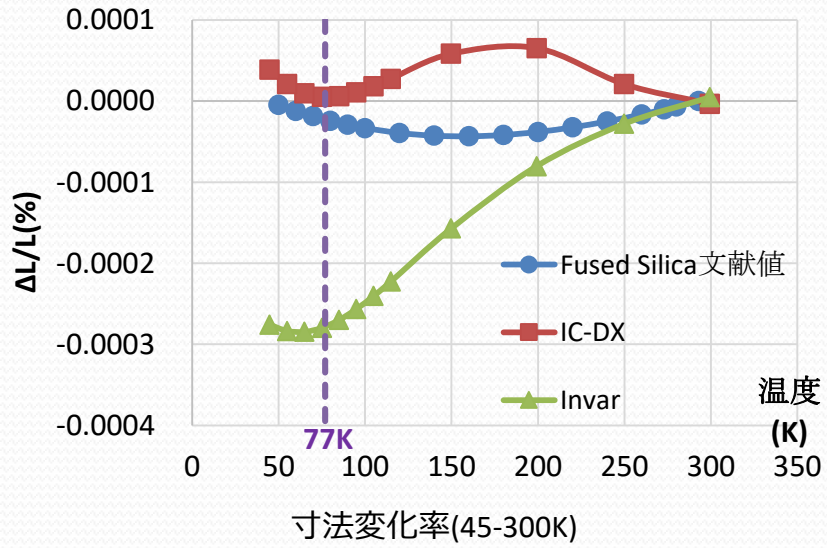
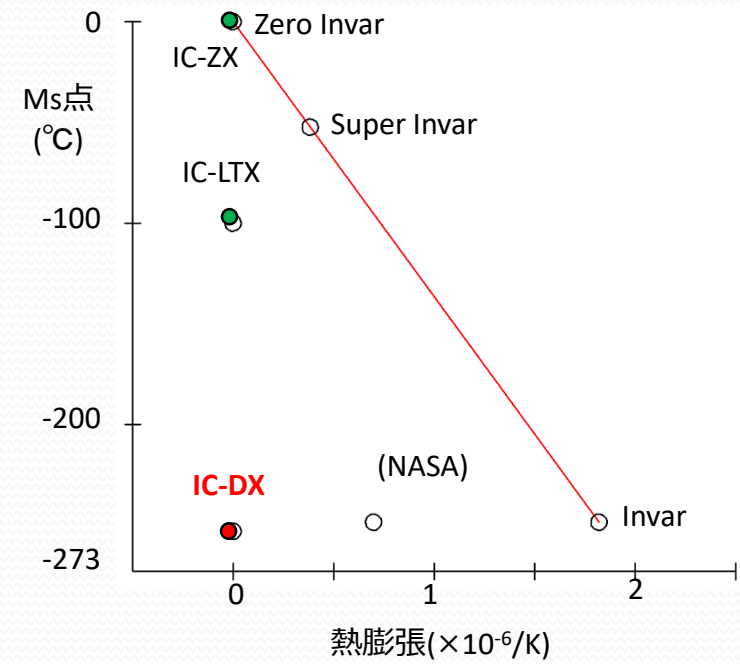
第38回天文学に関する技術シンポジウム

国立天文台2018.1.10

「究極のインバー合金IC-DX」

インバー合金の課題  IC-DXで解決

- ① 低温安定性 4Kまでマルテンサイト変態しない
- ② 経年変化 長期間の寸法安定性
- ③ 低ヤング率 従来インバーの3-4割高剛性
- ④ 耐食性 ステンレス並みの耐錆性



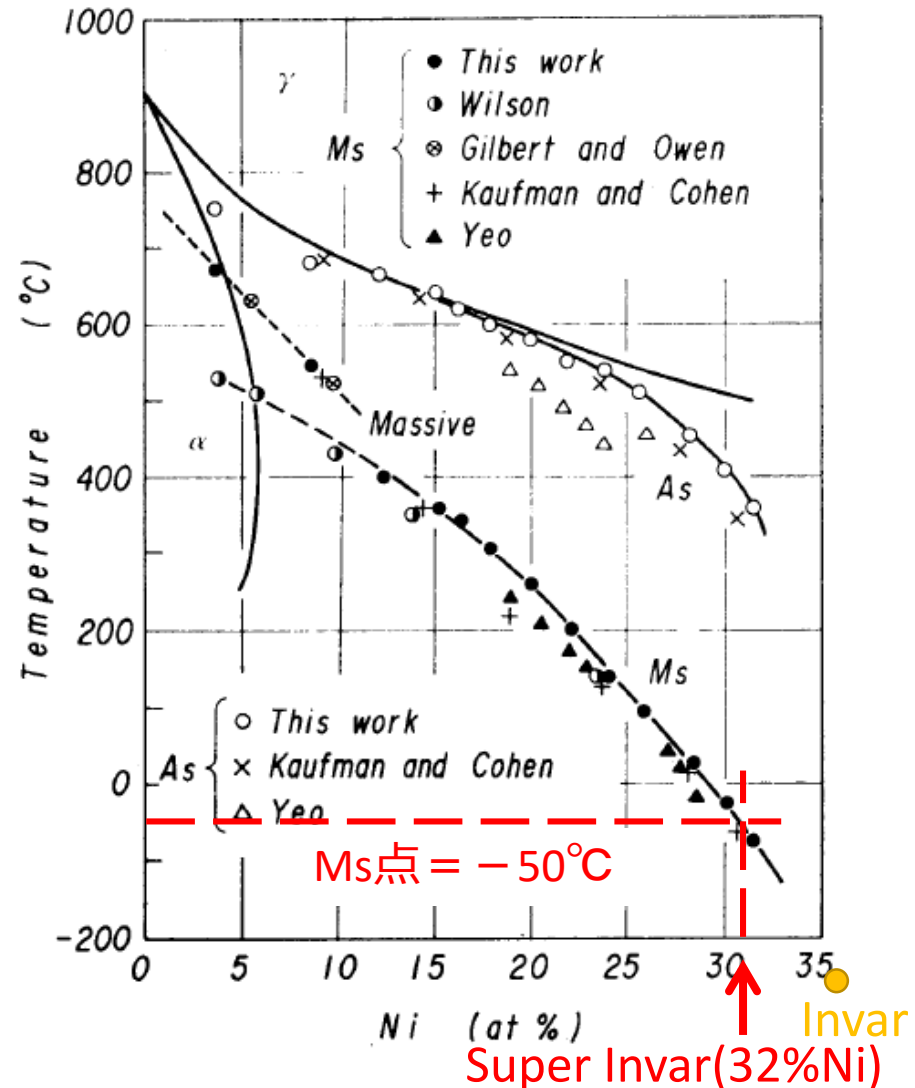
TMT補償光学系IRIS撮像系



インバー合金の低温組織安定性

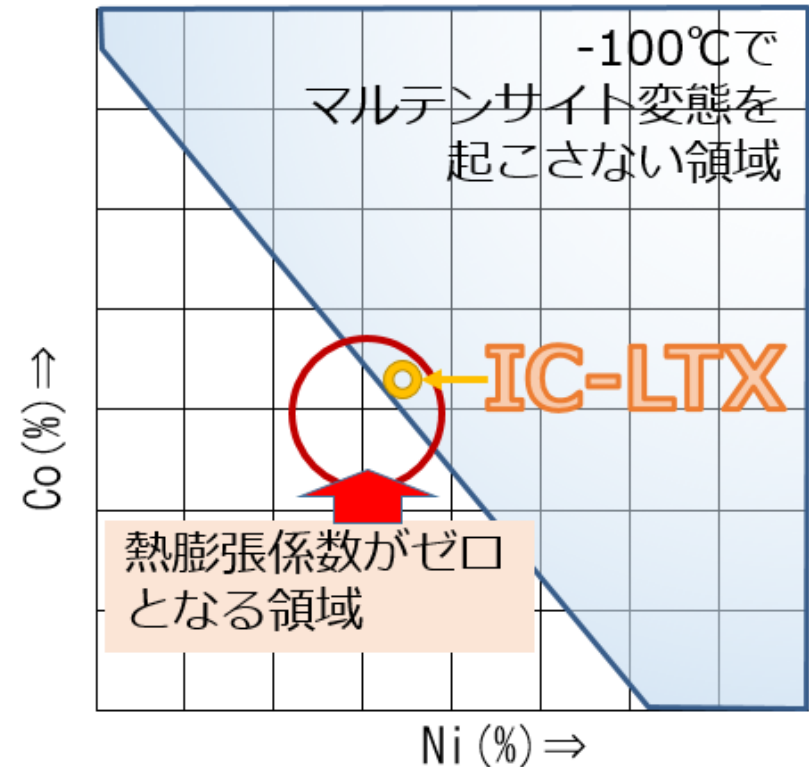
Fe-Ni(-Co)系インバー合金は常温ではオーステナイト単相組織であるが、低温下でマルテンサイト変態が起こる。Ni量にてマルテンサイト変態温度(Ms点)は変化する。

Super Invar合金は熱膨張係数が小さいが低温安定性がない。



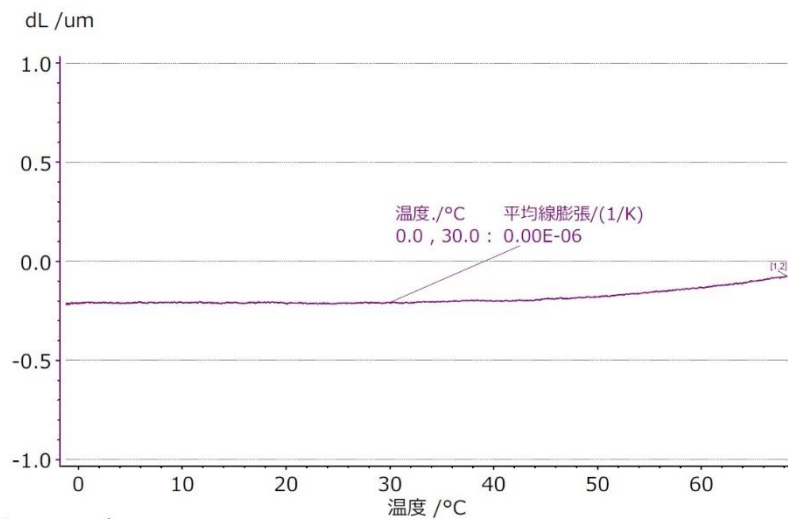
IC-LTX 低温における組織安定性

-100°Cでも
マルテンサイト変態を
起こさない
ニッケル[Ni]とコバルト[Co]の
含有量のバランスを見出し、
IC-LTXの開発に成功

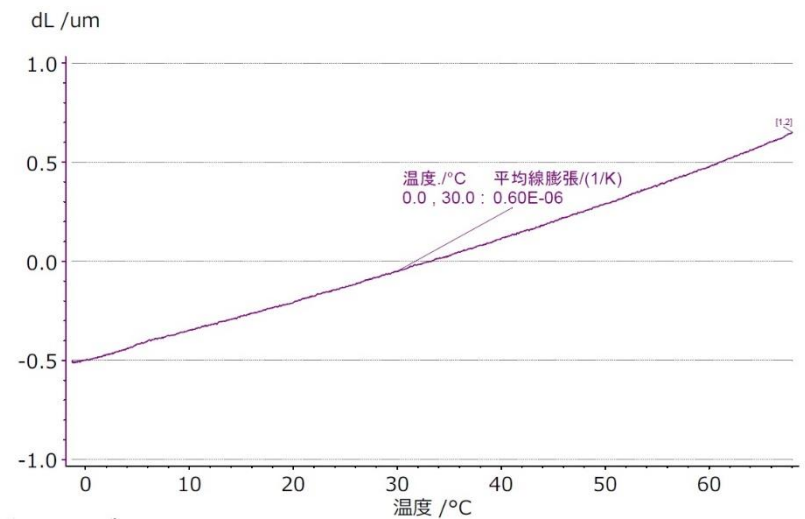


IC-LTX 熱膨張係数

- 0~30°C間の平均熱膨張係数



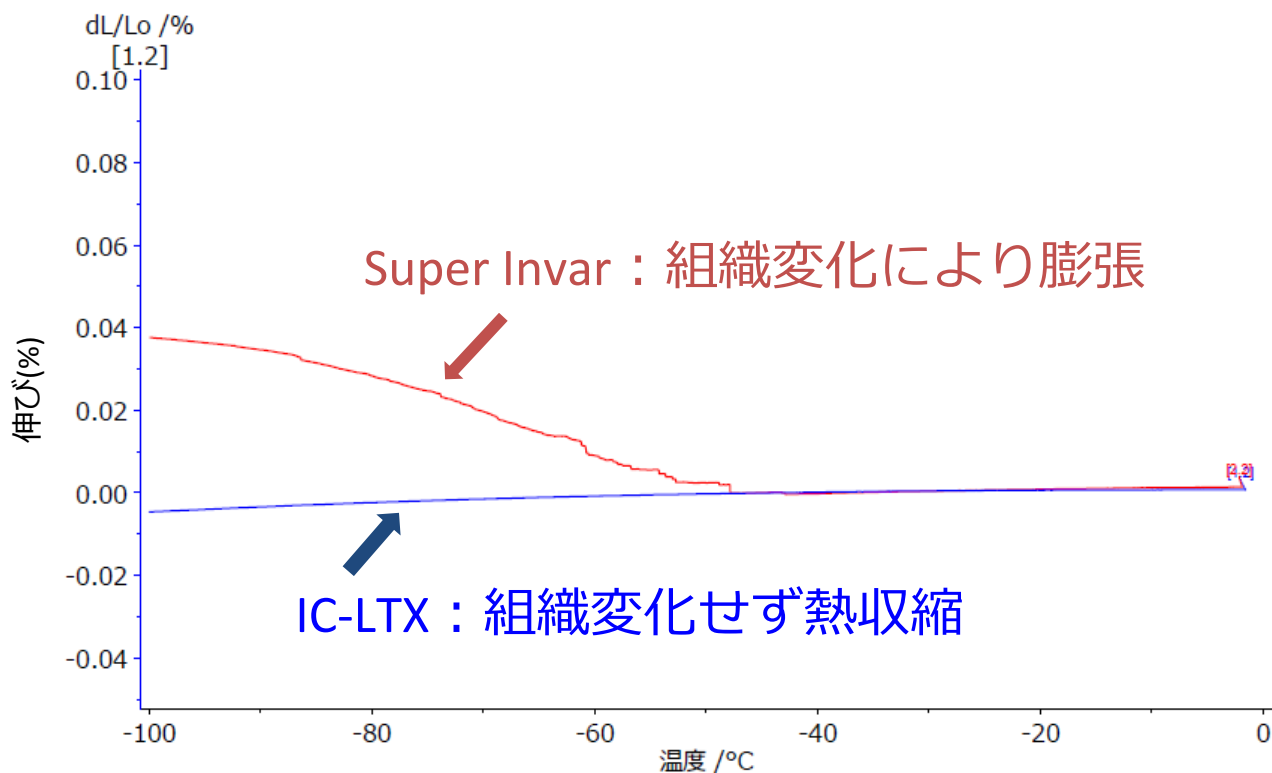
IC-LTX
 $\alpha : 0.00\text{ppm/K}$



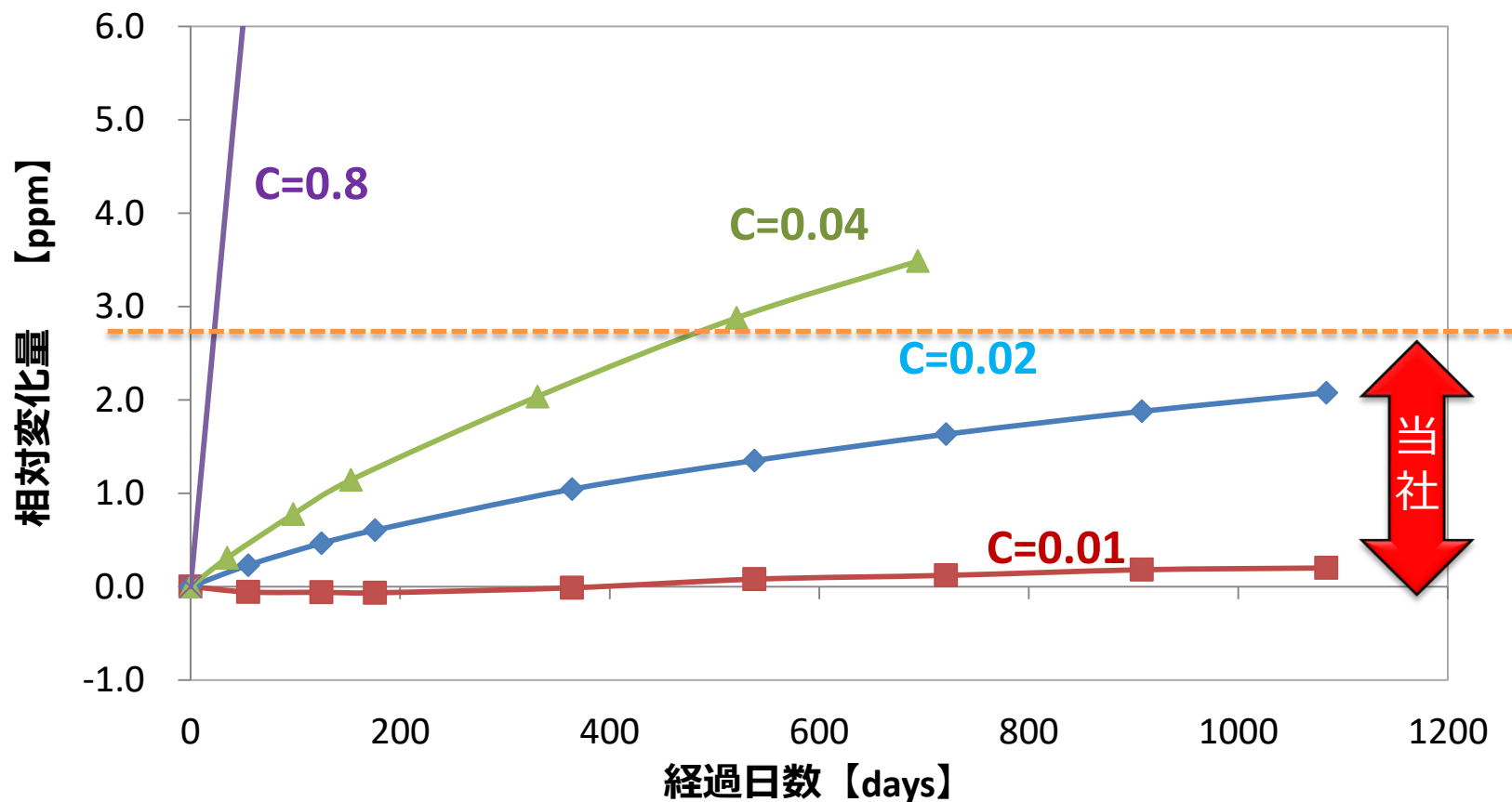
Super Invar
 $\alpha : 0.6\text{ppm/K}$

IC-LTX 低温における寸法変化

- 室温から-100°Cまで冷却した時の伸び量(%)



IC-LTX 経年変化



| 炭素C% | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.8 |
|-----------------------|------|------|------|------|
| 24カ月後の 経年変化(ppm/年) | 0.06 | 0.83 | 1.84 | 21.0 |

産業技術総合研究所殿での測定結果

IC-LTX 諸特性

機械的特性(室温)

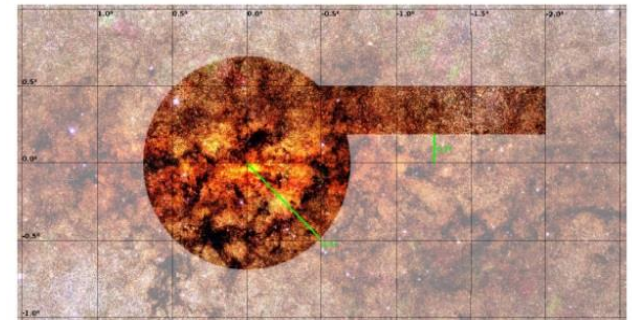
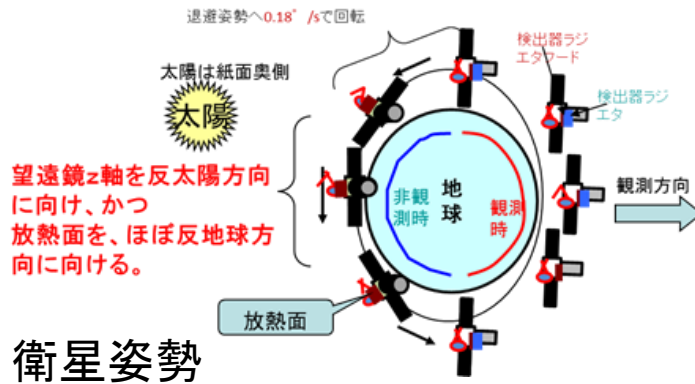
| 引張強さ (MPa) | 0.2%耐力 (MPa) | 伸び (%) | 絞り (%) | 硬さ (HRB) | 疲労強度 (MPa) |
|---------------|-----------------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| 449 | 277 | 38 | 73 | 71 | 330 |

物理的特性(室温)

| ヤング率 (GPa) | 密度 (kg/mm ³) | 比熱 (J/kg-K) | 熱伝導率 (W/(m-K)) | 熱拡散率 (m ² /s) |
|---------------|-----------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|
| 137 | 8.1×10^3 | 470 | 14.0 | 3.55×10^{-6} |

小型JASMINEのミッション概要

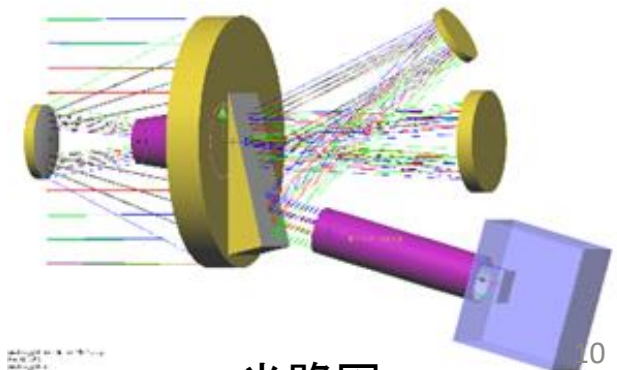
- 銀河系中心方向を赤外線で春と秋に観測観測
- 天体毎の位置および測光の時系列データ、年周視差、固有運動を提供
- ★年周視差 $20\mu\text{ as}$ (東京から富士山頂の居る人の髪の毛の太さを見る位)
- ★固有運動 $50\mu\text{ as/年}$ (Hwバンド($1.1\sim 1.7\mu\text{ m}$)で12.5等級より明るい星に対して達成)
- 時系列データは、約50分間の連続撮像、その後約50分間の非観測時間。観測期間中それを繰り返す。同一天体を数十万回撮像
- 観測期間: 3年間
- 軌道: 太陽同期軌道(高度約550km以上)



小型JASMINE望遠鏡の仕様

- 主鏡口径: 30 cm 、焦点距離: 3.9 m
- 視野面積: $0.6^\circ \times 0.6^\circ$
- アstrometri用検出器: HgCdTe ($4\text{ k} \times 4\text{ k}$) 1個
- アstrometri用観測波長: Hw-band($1.1\sim 1.7\text{ ミクロン}$)
- 衛星重量: 約 400 kg (RCS込み)

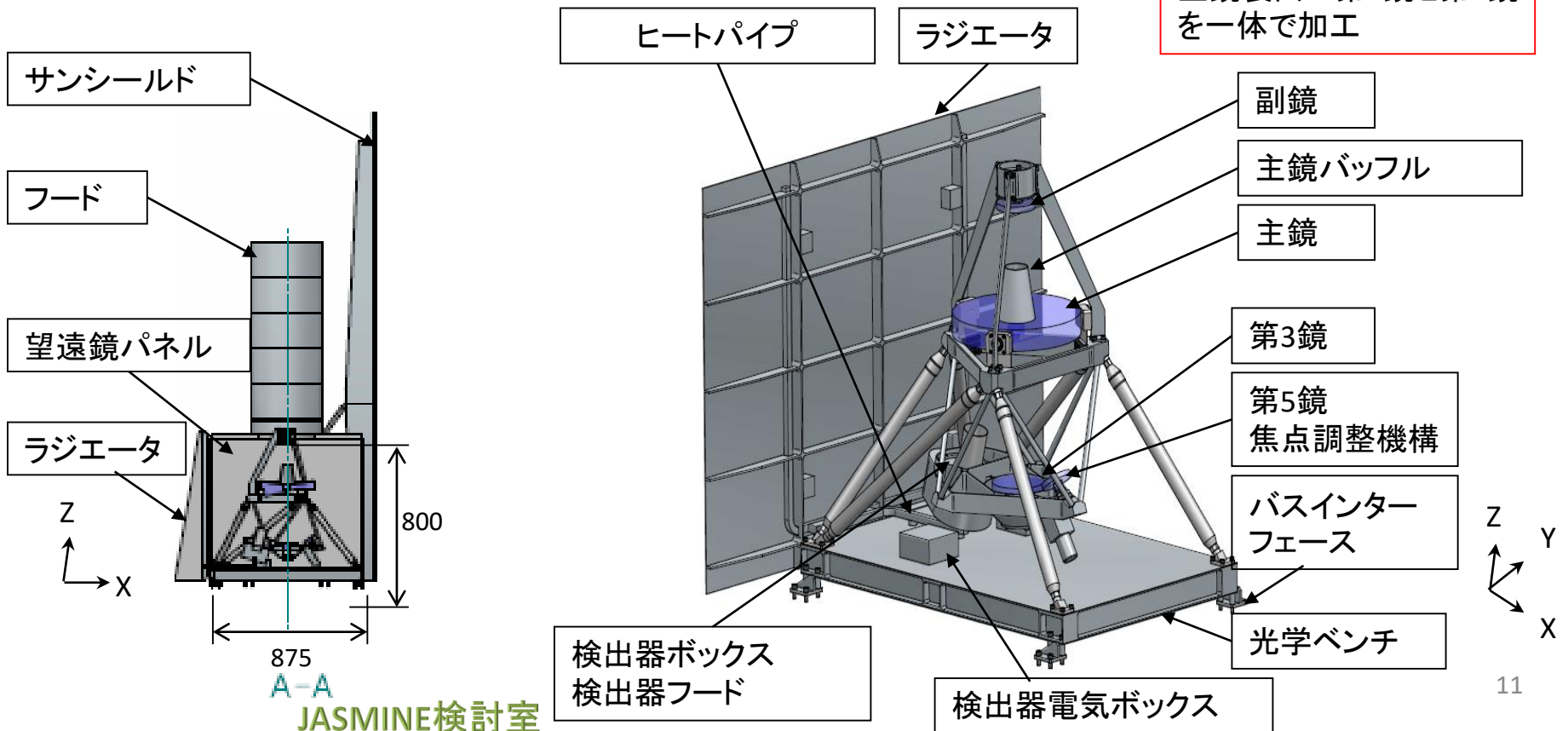
JASMINE検討室



小型JASMINE望遠鏡の熱構造設計と特長

- 鏡面は、クリアセラム™-Z EX、構造は、スーパーインバー IC-LTXという**極低熱膨張率 $<0 \pm 5 \times 10^{-8} / K$** の材料で構成し、**熱寸法安定性と低温耐性**を実現。
- **全金属製のアサーマルな構造**であり、安定的かつ設計値の実現性が高い
- 鏡面及び望遠鏡構造は、約 5°C に保持し地上での調整を容易化。望遠鏡を囲む6面のパネルを温度制御し、半周回中(50分)の**温度を $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の精度**で保持
- 検出器は、ペルチェ素子で冷却して180K以下に保持。ペルチェ高温部をヒートパイプを介してラジエータに繋ぎ放熱

主鏡裏面に第4鏡と第6鏡を一体で加工



望遠鏡への要求

要求:統計処理した補正後の星像が焦点面で**0.1nmの位置精度(5.7 μ as)**を
周回撮像時間(50min)保つこと

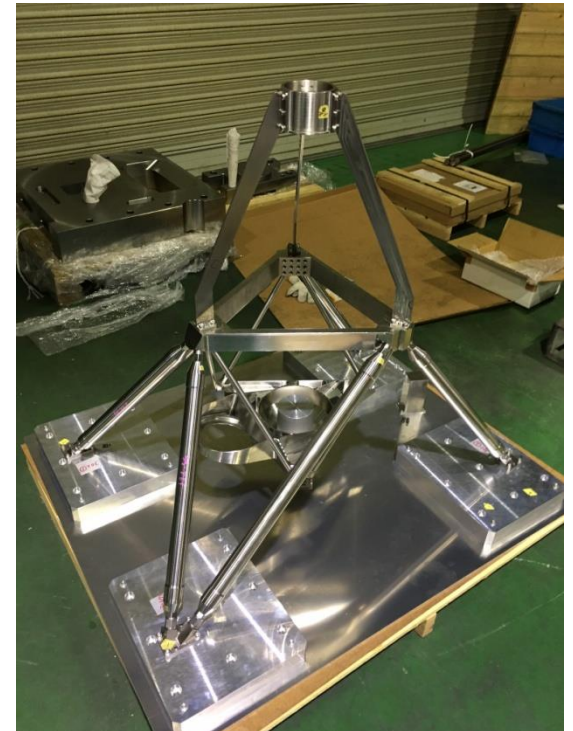
軌道上熱環境を考慮した星像シミュレーションより求めた構造安定性要求

1. 焦点面上の星像安定性 <10nm/50min
2. 鏡面支持ストラットの安定性 <50nm/50min
3. 鏡面精度の安定性 <0.6nm (off-plane)、4nm (in-plane)/50min
4. 検出面の安定性 <0.5nm (off-plane)、2nm (in-plane)/50min
5. 焦点距離の安定性 <10 μ m/50min
6. アライメントドリフト <27mas/7.1sec

望遠鏡への要求精度と検証結果

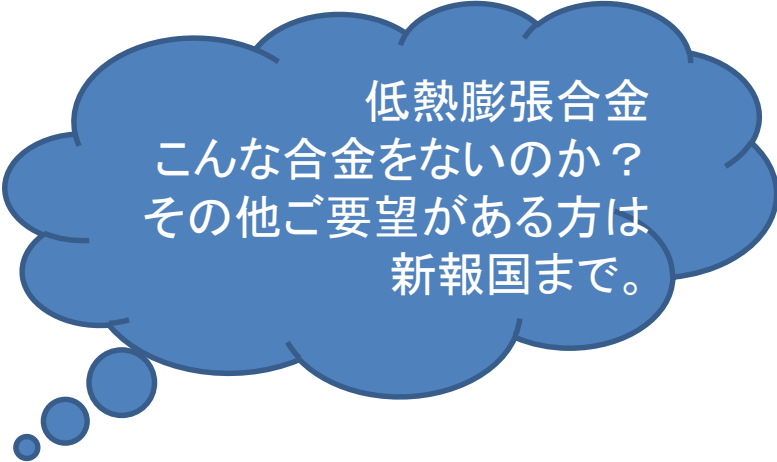
| 要求精度 | | 検証結果 |
|-----------|------------------|------------|
| 焦点距離 | 10 μ m/50min | <2 μ m |
| 鏡面精度 | 10nmPV/50min | <2nmRMS |
| アライメント安定性 | 27mas/7.1sec | <3mas |

JASMINE検討室



熱構造モデル: 本体質量30kg 12

完



低熱膨張合金
こんな合金をないのか？
その他ご要望がある方は
新報国まで。