

ASTE 搭載多色TESボロメータカメラの開発

総研大 物理科学研究科 宇宙科学専攻 M1

長勢 晃一



目次

- Intro
- ASTE望遠鏡について
- ボロメータとTESについて
- 読み出し系
- 開発計画
- まとめ

Introduction

- ・ 目的

 - ・ ミリ波・サブミリ波における多色同時観測の早期実現

 - ASTE望遠鏡に搭載する

 - ・ 大規模ボロメータカメラの開発

- ・ 期待される科学的成果

 - サブミリ波銀河の探査

 - ・ サンプル数の増大
 - ・ 距離の推定

 - 銀河団の構造進化

 - ・ 遠方銀河団の超高温ガスの温度の推定

 - 銀河系・近傍銀河

 - ・ 星形成領域、分子雲コアや低温ダスト

ASTE望遠鏡

Location: Atacama, Chile

Altitude: 4800m

Diameter: 10m

Surface accuracy: $19\mu\text{m}$

Main beam efficiency:

$0.6-0.7@850\mu\text{m}$

Pointing accuracy: $2''$ rms

Beam size: $22'' @850\mu\text{m}$



ASTE望遠鏡

Location: Atacama, Chile

Altitude: 4800m

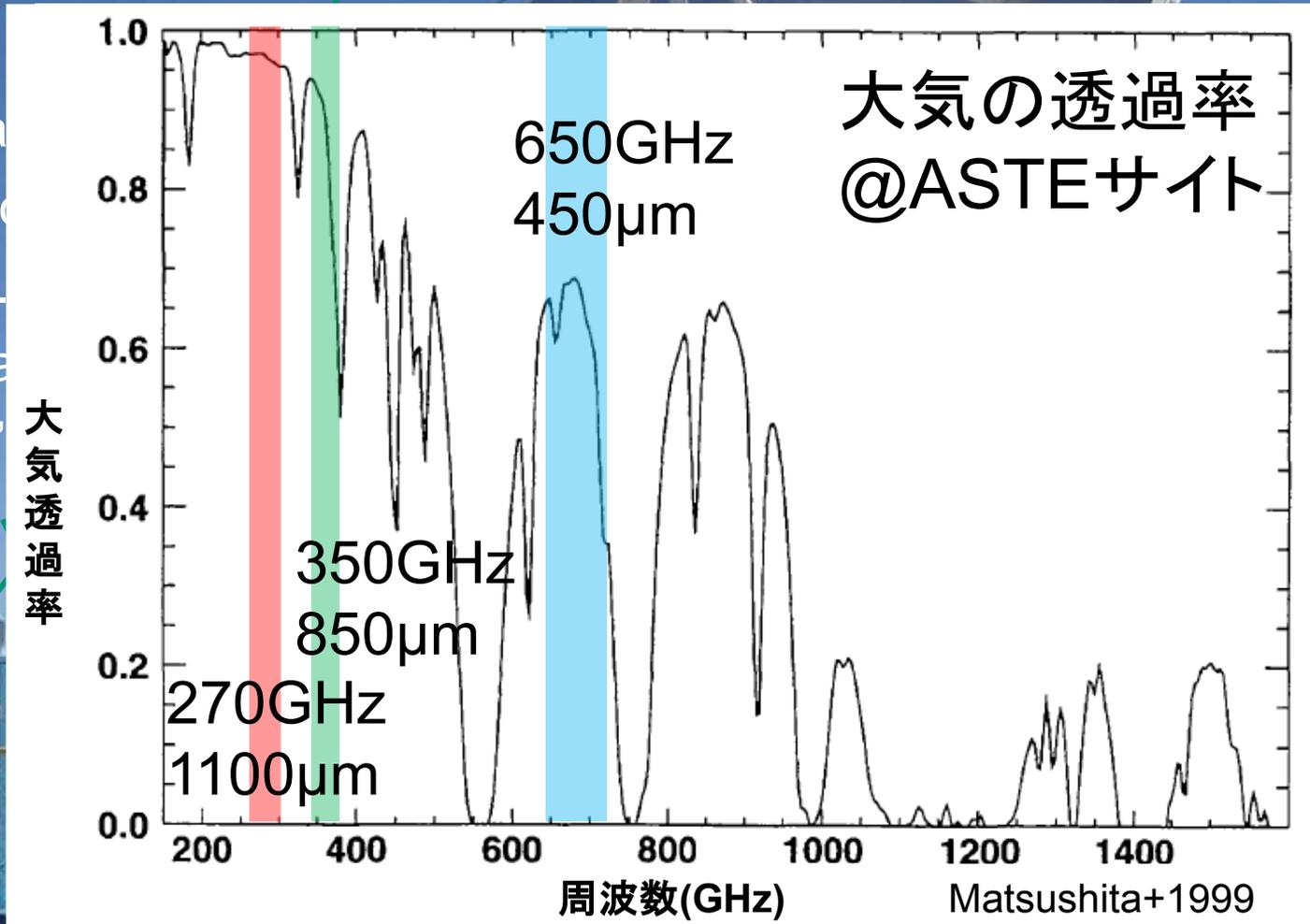
Diameter: 10m

Surface accuracy: 0.1mm

Main beam efficiency: 0.6-0.7

Pointing accuracy: 0.1"

Beam size: 22"



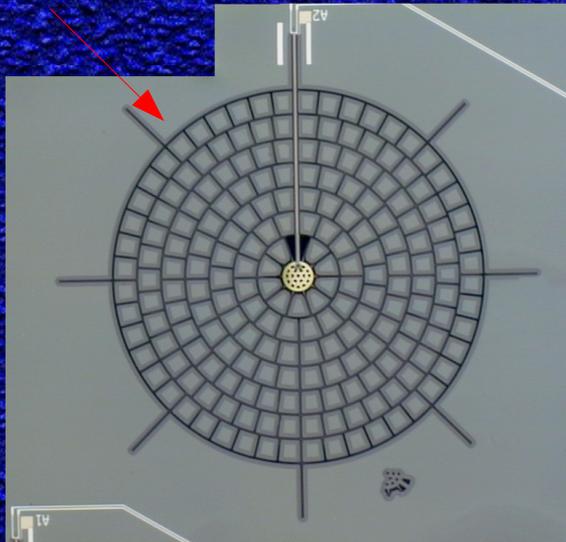
Bolometer

・ Bolometer

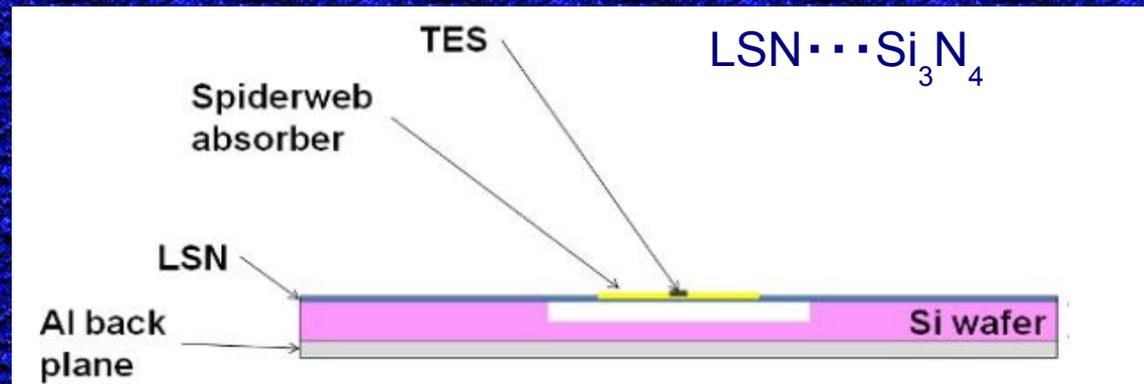
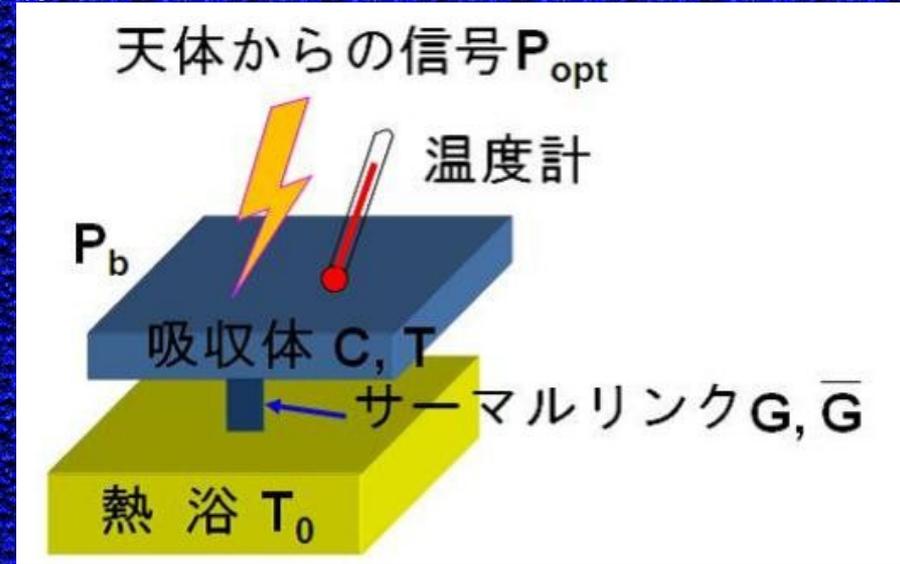
- 輻射パワーを温度の上昇として検出

1. 吸収体で輻射を吸収
2. 温度上昇 $\propto 1/G$ を温度計で計測
3. 電流/電圧として読み出す

膜の上に細い金の薄膜が載っている



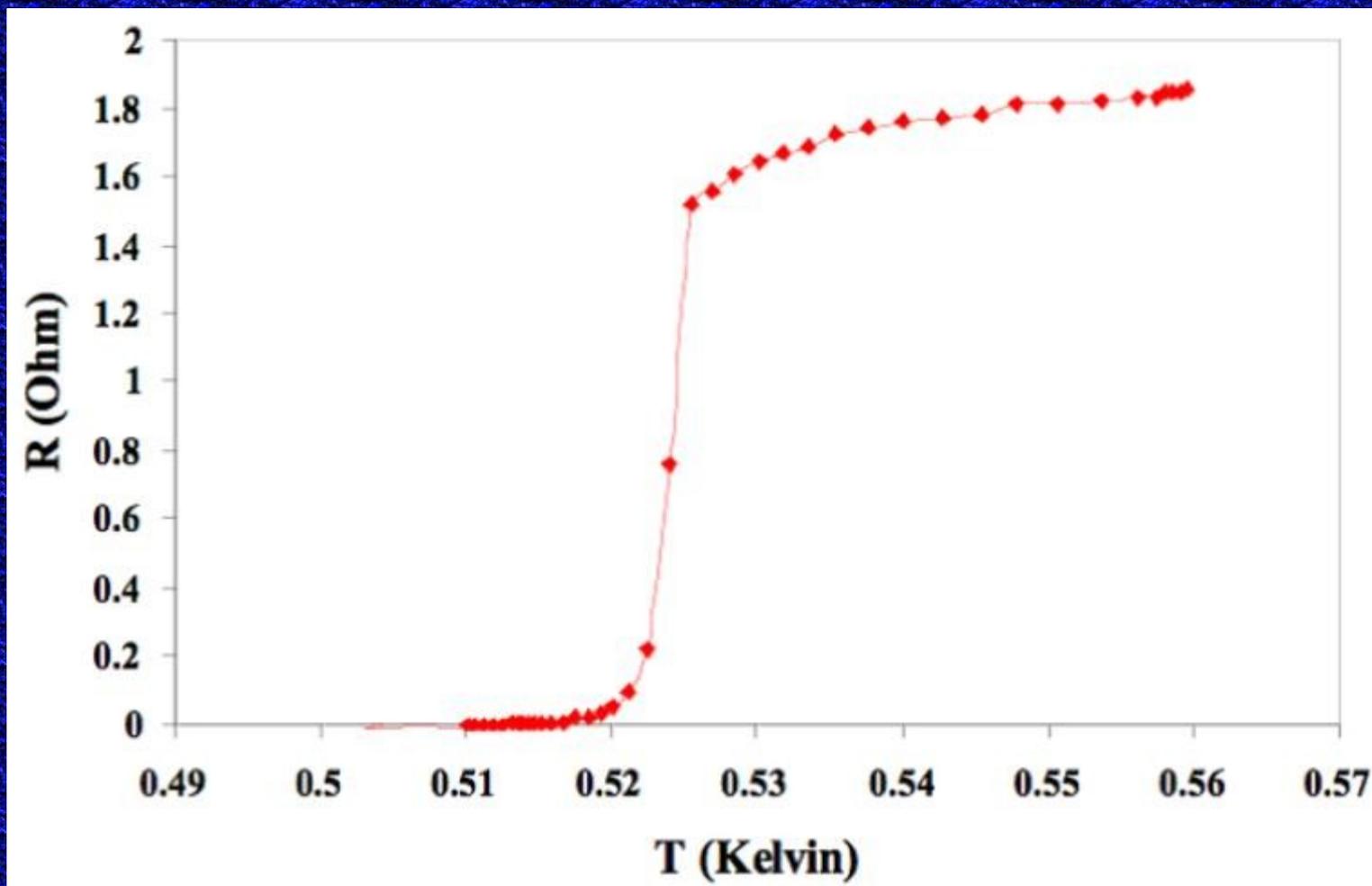
クモの巣型吸収体



吸収体断面図

TES (Transition Edge Sensor)

- ・超伝導状態から常伝導状態へ遷移する際の抵抗値の急激な変化を利用した高感度な温度計



APEX-SZのTES (Al-Ti₂層)のR-Tカーブ

TES bolometer array

Array design

- 蜘蛛の巣型(spiderweb)吸収体をベース
- 周波数帯毎に吸収効率の最適化

ボロメータの数は、ウェハー当たり全部で 271pixel あるが、実際に読み出せるのは

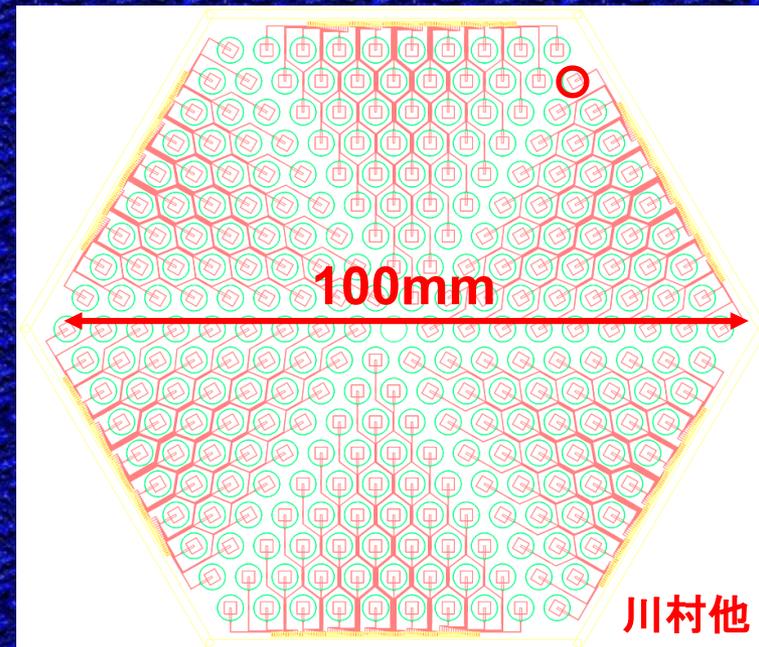
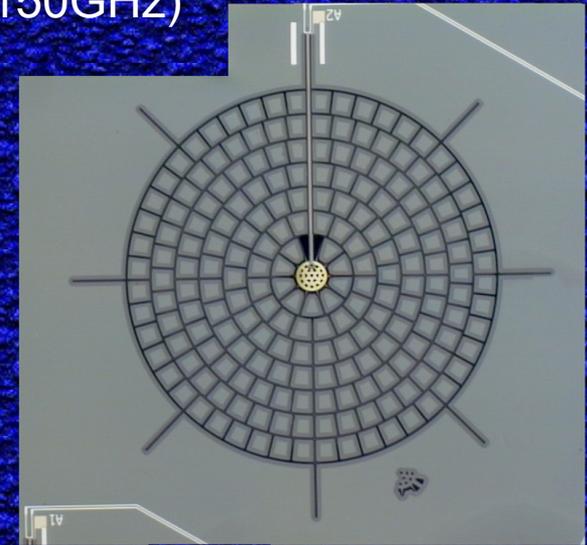
- 192pixel @ 270GHz
- 256pixel @ 350GHz

Bolometer NEP(expected)

- $6 \times 10^{-17} \text{W}/\sqrt{\text{Hz}}$ @ 270GHz
- $7 \times 10^{-17} \text{W}/\sqrt{\text{Hz}}$ @ 350GHz
- $10 \times 10^{-17} \text{W}/\sqrt{\text{Hz}}$ @ 650GHz

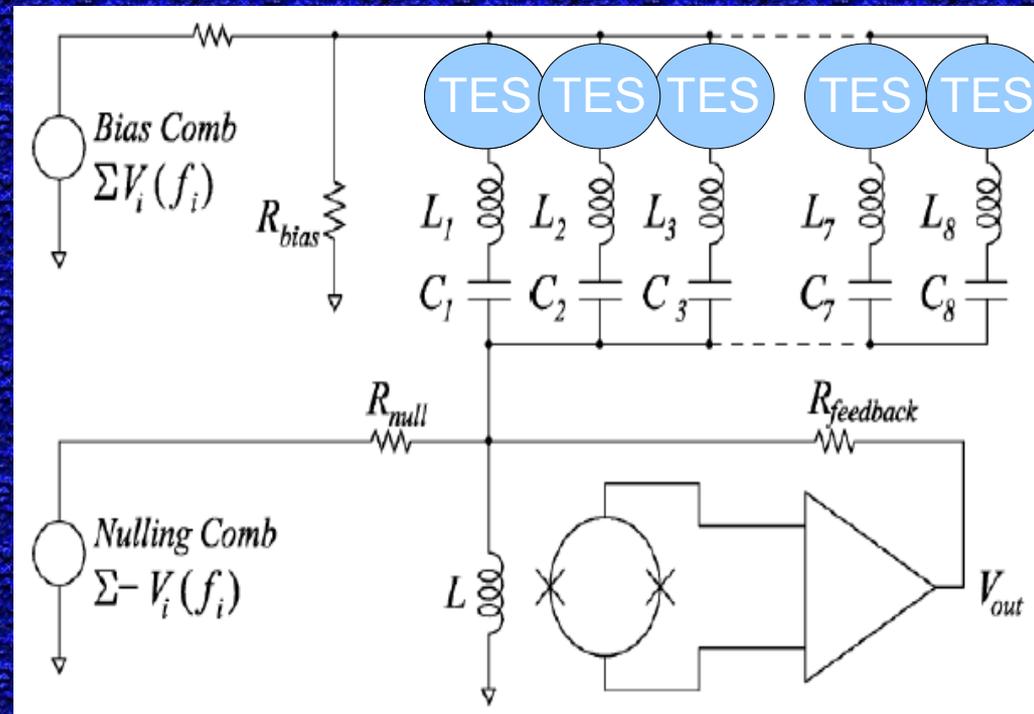
SPT(150GHz)

Shirokoff+



読み出し系 (SQUID & マルチプレクス)

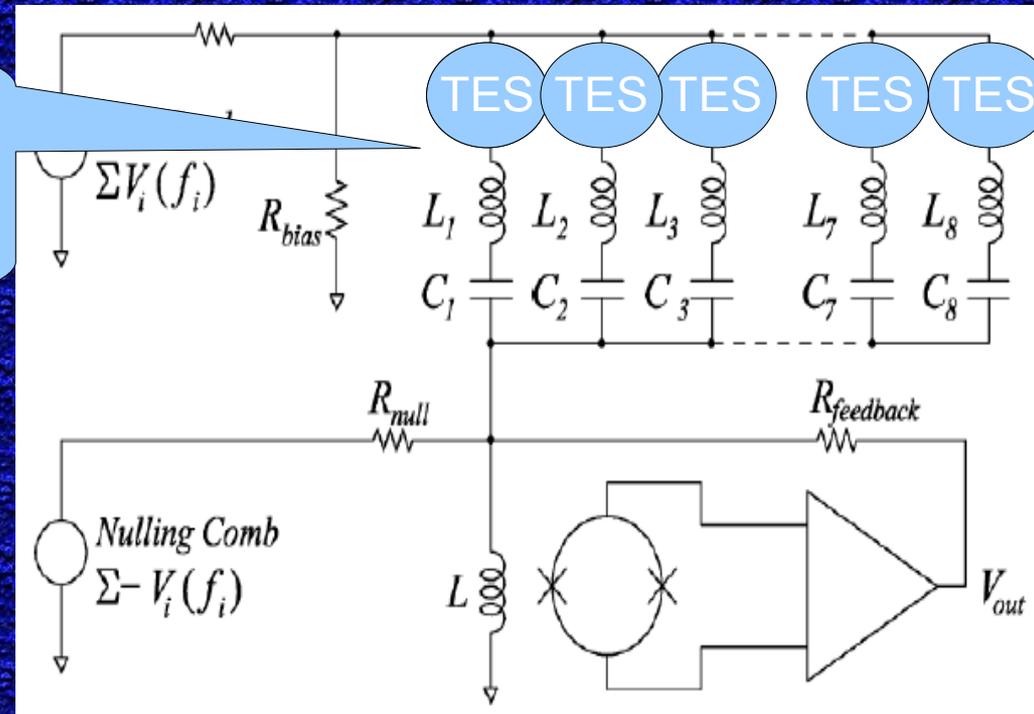
- 読み出し系には
超伝導量子干渉計 (Superconducting QUantum Interference Device) を使う
- 大規模アレイ化のため、1つのSQUIDで複数のTESを読み出すことができる
マルチプレクス化を行う



読み出し系 (SQUID & マルチプレクス)

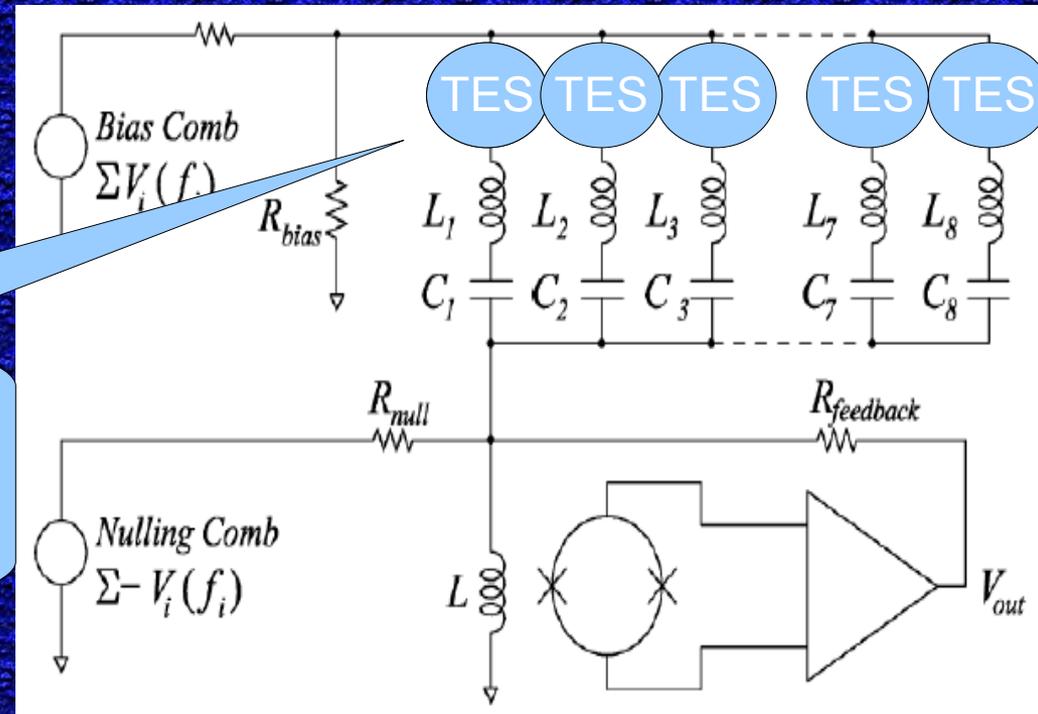
- 読み出し系には超伝導量子干渉計 (Superconducting QUantum Interference Device) を使う
- 大規模アレイ化のため、1つのSQUIDで複数のTESを読み出すことができるマルチプレクス化を行う

8つのTESはそれぞれ異なる共振周波数を持つLC共鳴フィルタ-にかけられる



読み出し系 (SQUID & マルチプレクス)

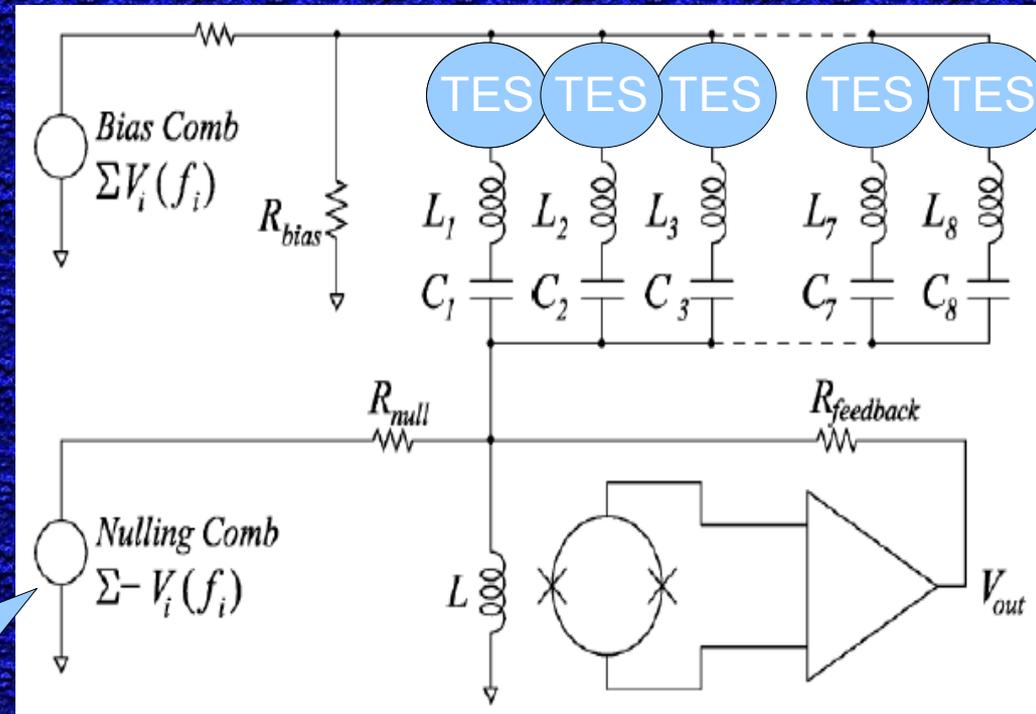
- 読み出し系には超伝導量子干渉計 (Superconducting QUantum Interference Device) を使う
- 大規模アレイ化のため、1つのSQUIDで複数のTESを読み出すことができるマルチプレクス化を行う



TESの抵抗値の変化により、電流が変化する→SQUIDで検出

読み出し系 (SQUID & マルチプレクス)

- 読み出し系には超伝導量子干渉計 (Superconducting QUantum Interference Device) を使う
- 大規模アレイ化のため、1つのSQUIDで複数のTESを読み出すことができるマルチプレクス化を行う



Bias Comb とちょうど真逆の交流電圧 (Nulling Comb) をかけてSQUIDの負担を軽減する

Plan & Schedule

フェーズ	I	II	III
	試験観測	科学観測	科学観測
時期	2010/10-12	2011/8-12	2012/4-10
バンド数	2色	2色	2色
バンド	270/350GHz	270/350GHz	350/650GHz
周波数レンジ	244-294GHz	330.5-365.5GHz	630-710GHz
中心波長	1.1mm/850 μ m	1.1mm/850 μ m	850 μ m/450 μ m
画素数	169/271	169/271	271/881
ビームサイズ	28"/22"	28"/22"	22"/11"
視野(分角)	7.5	7.5	7.5

Plan & Schedule

フェーズ	I	II	III
	試験観測	科学観測	科学観測
時期	2010/10-12	2011/8-12	2012/4-10
バンド数	2色	2色	2色
バンド	270/350GHz	270/350GHz	350/650GHz
周波数レンジ	244-294GHz	330.5-365.5GHz	630-710GHz
中心波長	1.1mm/850 μ m	1.1mm/850 μ m	850 μ m/450 μ m
画素数	169/271	169/271	271/881
ビームサイズ	28"/22"	28"/22"	22"/11"
視野(分角)	7.5	7.5	7.5

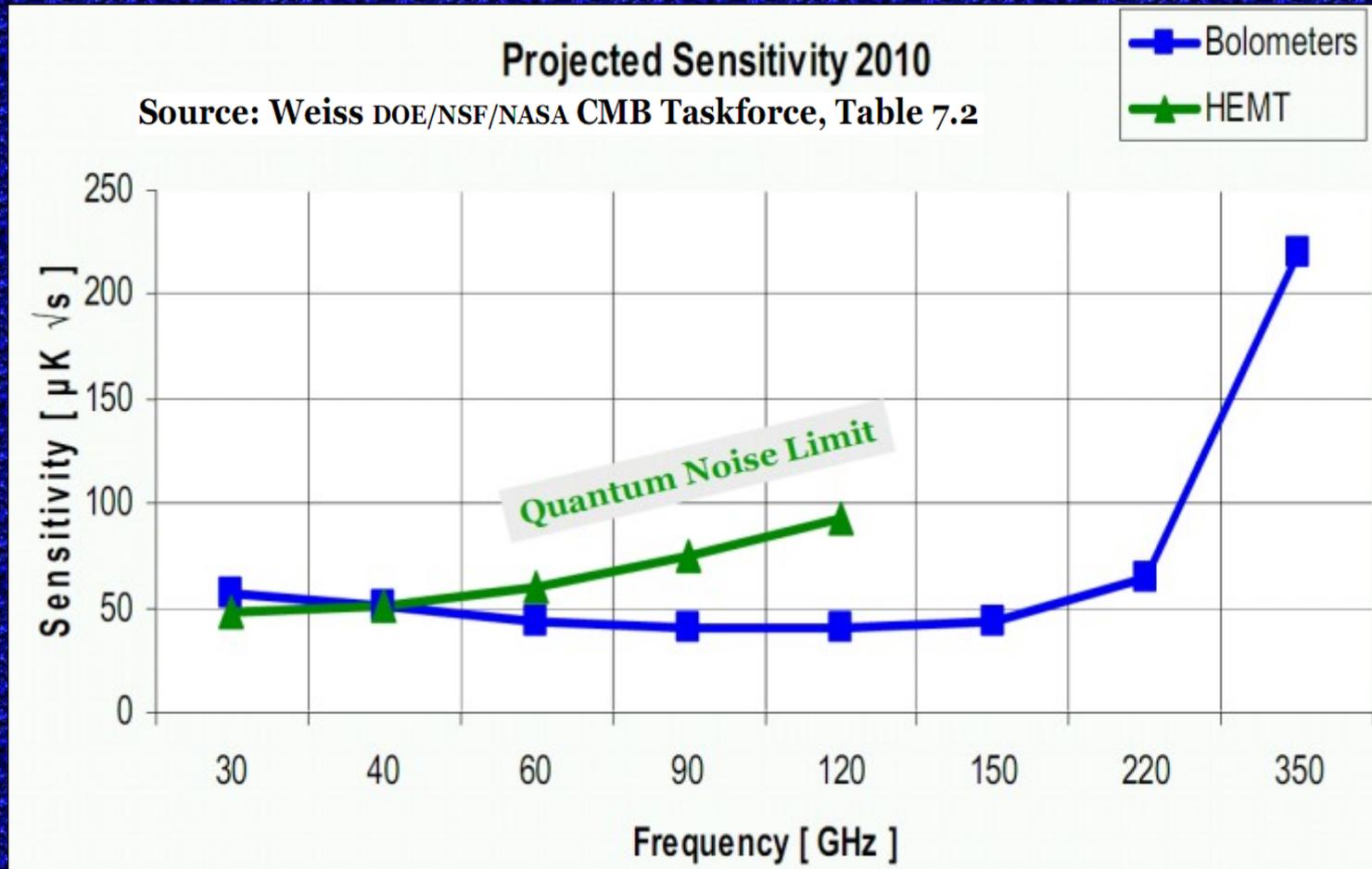
まとめと今後の研究

- ・ASTE搭載用多色TESボロメータカメラの開発
 - －TESボロメータアレイ
 - －読み出し系としてSQUIDのマルチプレクス化
 - －現在、270GHzと350GHzのfocal planeを開発中(650GHzは先)
 - －期待される成果として、
サブミリ波銀河の探査・銀河団の構造進化・銀河系・近傍銀河

- ・今後は検出器の開発をしていきたいです。特に、次世代赤外線天文衛星SPICA搭載を目指して開発されているGeのBIB型検出器に興味があります。

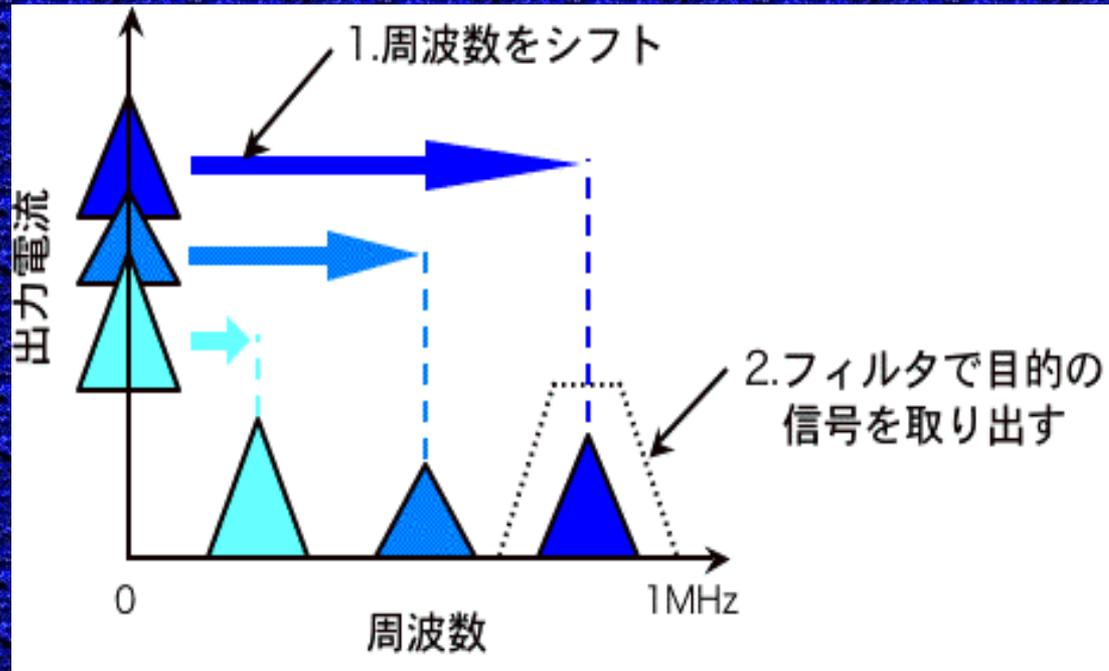
APPENDIX

Why Bolometer?



- MKIDs, SIS are also catching up

周波数分割方式のマルチプレクス概要



複数のTESを異なる周波数で交流駆動することにより素子ごとに異なる周波数変調をかけ、それらの信号を加算してひとつのSQUIDで読み出す方式

ホーンアレイとTESボロメータ

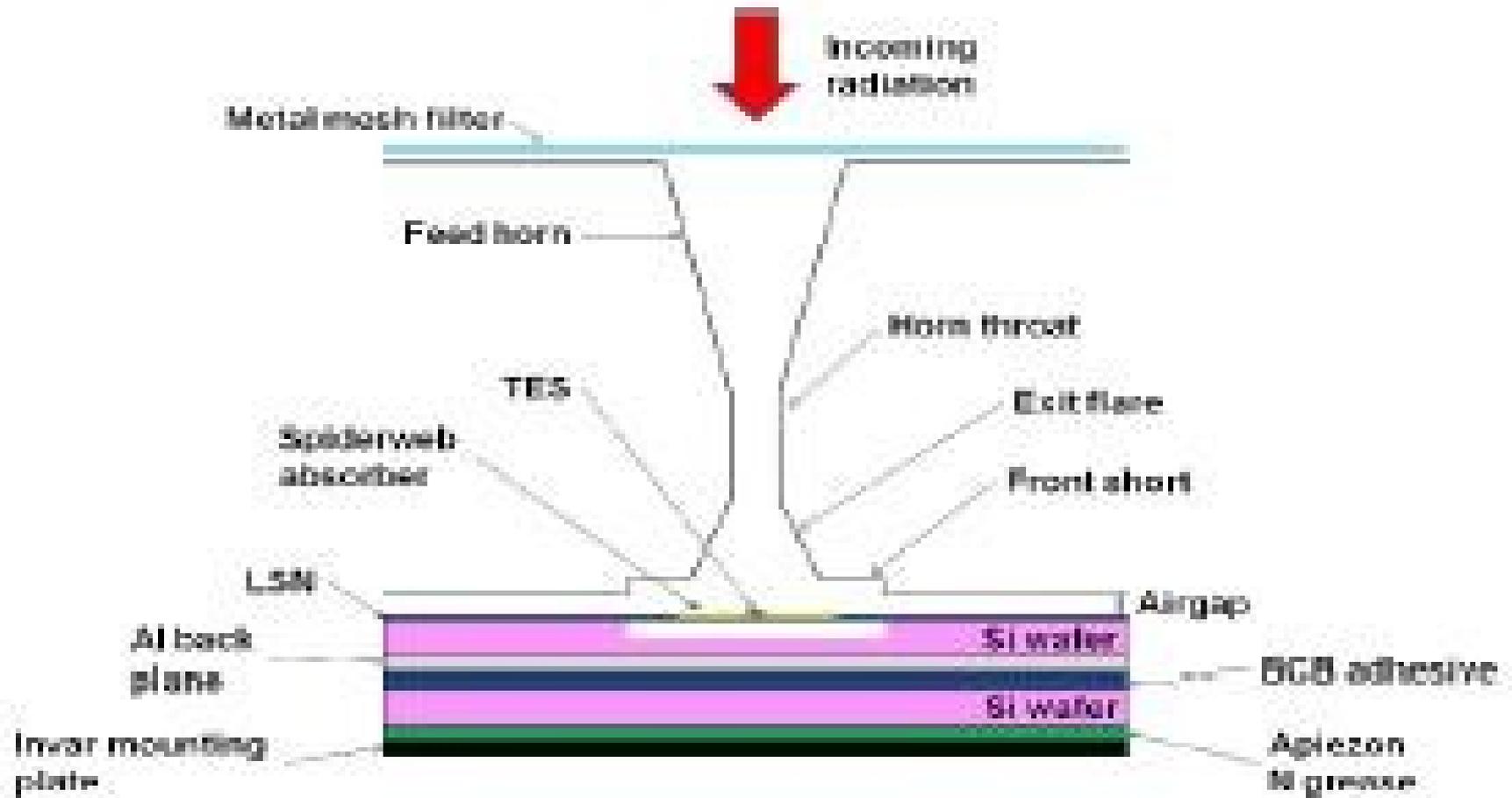
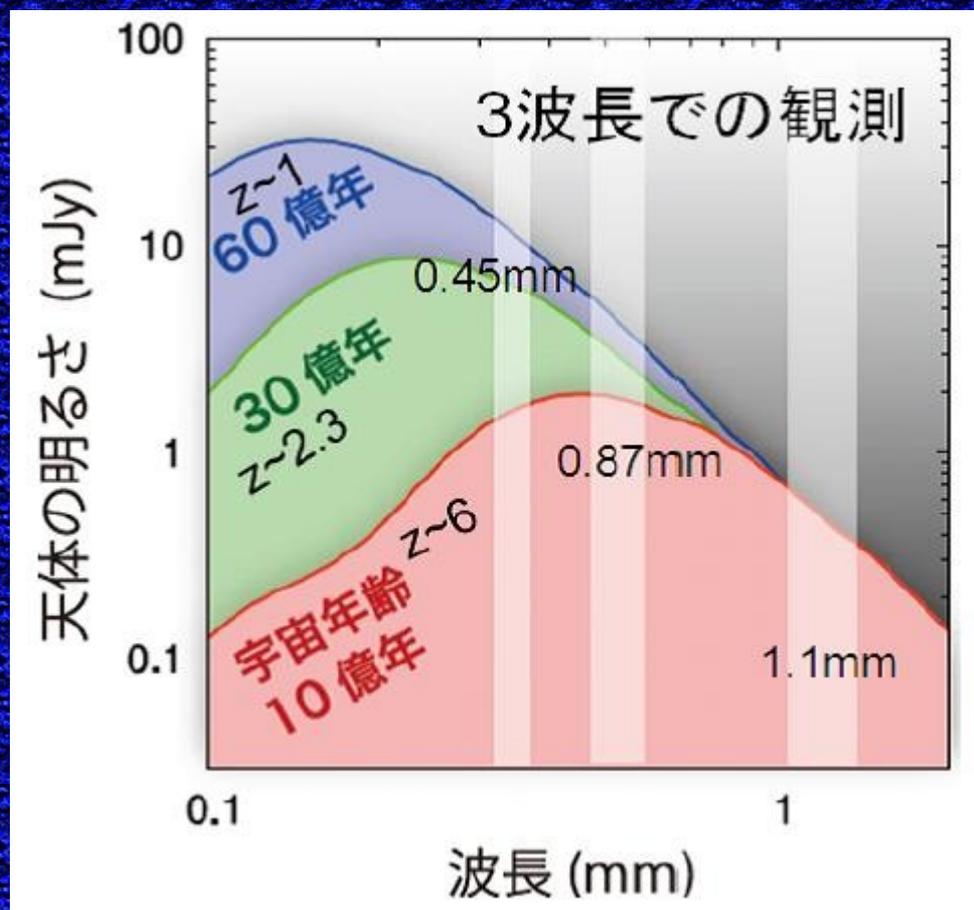


図 2.7: ボロメータとホーン構造 (川村, 2010)

サブミリ波銀河の赤方偏移推定の概念図



赤方偏移が小さい→短波長ほどフラックスが単調に増加していく
赤方偏移が大きい→短波長で暗くなり、0.87mmバンドの方が明るい