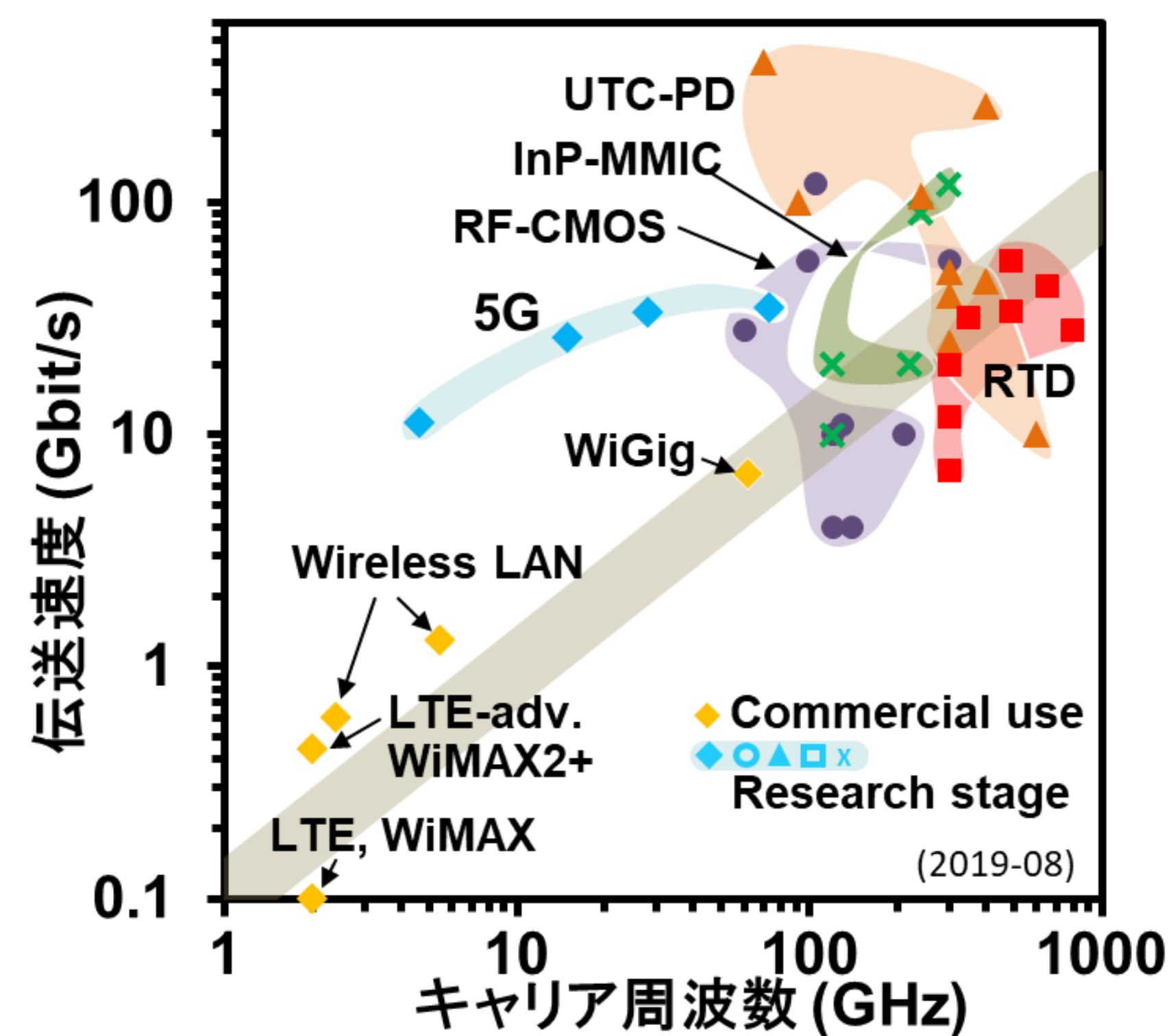


THz無線通信への期待



広帯域なTHz波を使えば大容量通信が可能

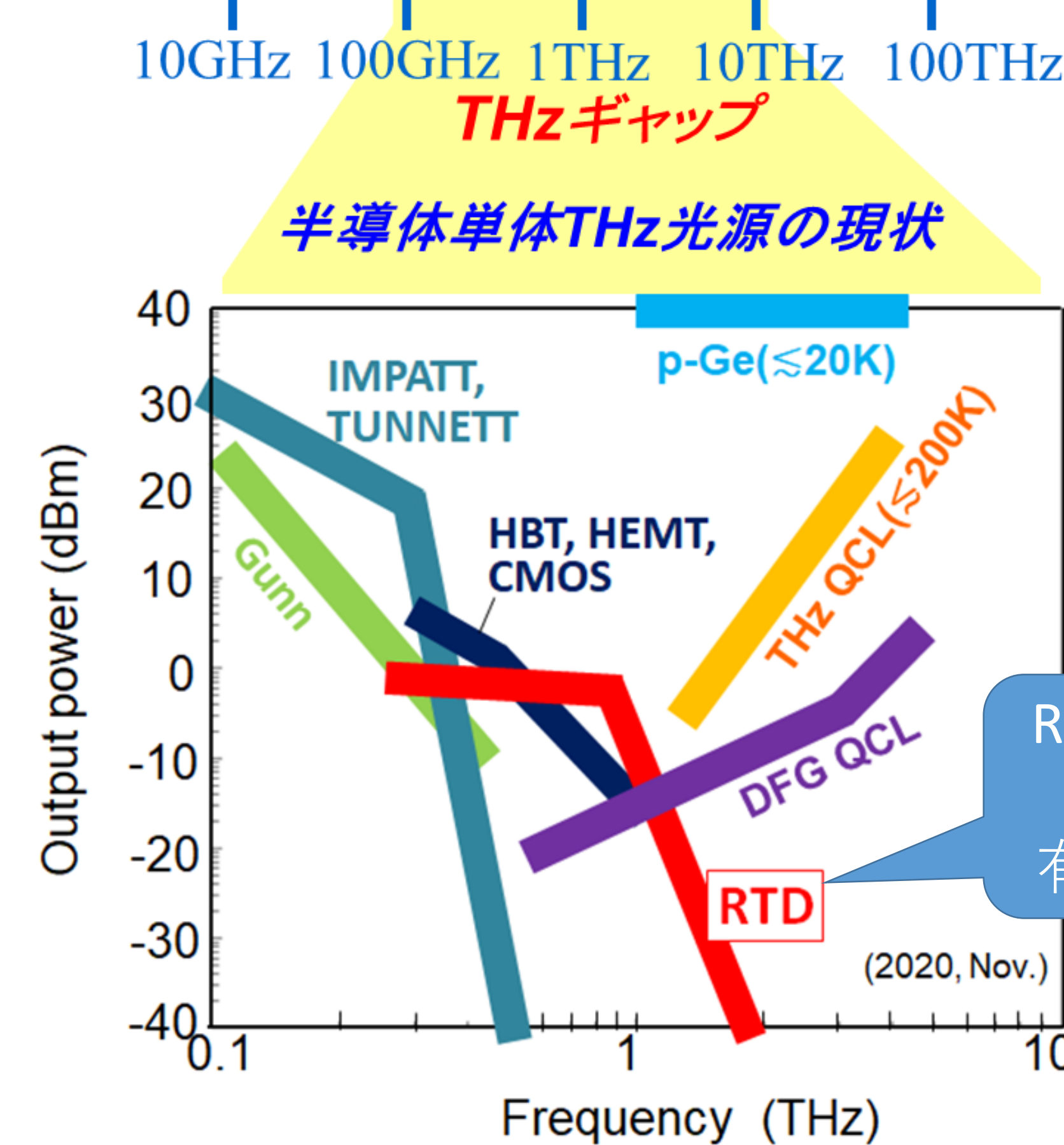
さらなる伝送速度向上の手法

多重通信
FDM, PDM, MIMO, OAM
周波数, 偏波, 軌道角運動量

多値変調
PAM, QPSK, QAM

本研究
 • ~1THzまでの周波数を利用した周波数多重・偏波多重
 • 多値化 (PAM)
 • 円偏波や渦波放射と通信
 以上を小型電子デバイスで達成
 テラビット級通信の可能性を拓く

マイクロ波・ミリ波 THz帯 赤外 可視



RTD発振素子

Slot antenna, MIM, SiO₂, RTD mesa ($< 1\mu m^2$), DC Bias, Stabilization resistance (InGaAs sheet), SI-InP substrate.

Equivalent circuit: RTD, Slot Antenna, G_{RTD} , G_{ANT} , C , L .

発振条件: $G_{RTD} > G_{ANT}$
 周波数: $f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$
 負性抵抗で発振

動作周波数・出力の向上

高周波構造
Slot 9 μm , RTD, Intensity (a.u.) vs Frequency (THz), 1.98 THz.

大規模アレイ
Output power (mW) vs Element number, Avg. 9 μW / el.

低損失厚膜電極 → 1.98THz (世界最高)
 大規模アレイ89素子 → 0.7mW@1THz

単体デバイスの高出力化

矩形空洞共振器構造
Cavity resonator, RTD, Stabilization resistor, MIM capacitor.

3D surface plot of Output power (mW) vs Length l (μm) and MIM Capacitance C_{m1} (fF).
 $\Delta V = 0.4 V$, $PVCR = 4$, $J_p = 8 mA/\mu m^2$, $w = 22 \mu m$, $h = 2 \mu m$.
 Osc. Freq. = ~1THz.

低損失・低インダクタ空洞共振器、動作実証@~1THz
 MIM構造による出力マッチング → 理論>1mW@1THz

シングルチャネル大容量伝送

RTD 650GHz, 60 μW , Mod. cutoff=25GHz. Components: DC Bias, Bias Tee, PPG, Lens x 2, SBD, LNA, BERT.

無線伝送 @ 650GHz
 25 Gbps まで エラーフリー
 44 Gbps で
 BER = 5×10^{-4} (< FEC limit)

周波数・偏波多重

周波数多重: DC Bias, Bias Tee, PPG, RTD x 2, BPF, SBD, LNA, ED.

偏波多重も実施: 490 GHz, 28 Gbps (BER = 2.3×10^{-4}); 790 GHz, 28 Gbps (BER = 1.5×10^{-3}).

周波数・偏波多重それぞれで $28 \times 2 = 56$ Gbps

多重・多値変調

500GHz帯RTDアレイ発振器を用いた2チャンネルPAM4伝送実験

RTDが線形応答するバイアス領域で動作
 不鮮明だがアイを観測
 @10Gbaud (40Gbps相当)

円偏波デバイスと通信

Radial line slot array (RLSA), DC Bias, RTD oscillator with RLSA, LNA, BERT.

Output (Upward without Si lens): RLSA, RTD, InP-sub., Bottom electrode, Cross slot.

軸比2.2dBの円偏波
 指向性 (15 dBi)
 姿勢無依存通信1Gbps

BER vs Rotation angle of oscillator (deg.) at 500GHz, 1Gbps.

OAMに向けた光渦の放射

Equi-phase surface, Polarization, RLSA.

初期実験 @ 580GHz
 放射パターンの中に光渦特有のディップ

Relative intensity (dB) vs Angle θ (deg).

まとめ

- 小型電子デバイスを用いたTHz帯多重・多値通信
- RTD発振器の性能向上 (2THz発振、1THz高出力)
- シングルチャネル44Gbps
- 周波数・偏波多重56Gbps
- 多重・多値変調40Gbps
- 円偏波による姿勢無依存通信1Gbps
- 平面型光渦放射デバイスの実現 → Beyond 5G&6G (or次々世代) にTHz帯 (&RTD) は非常に有用