

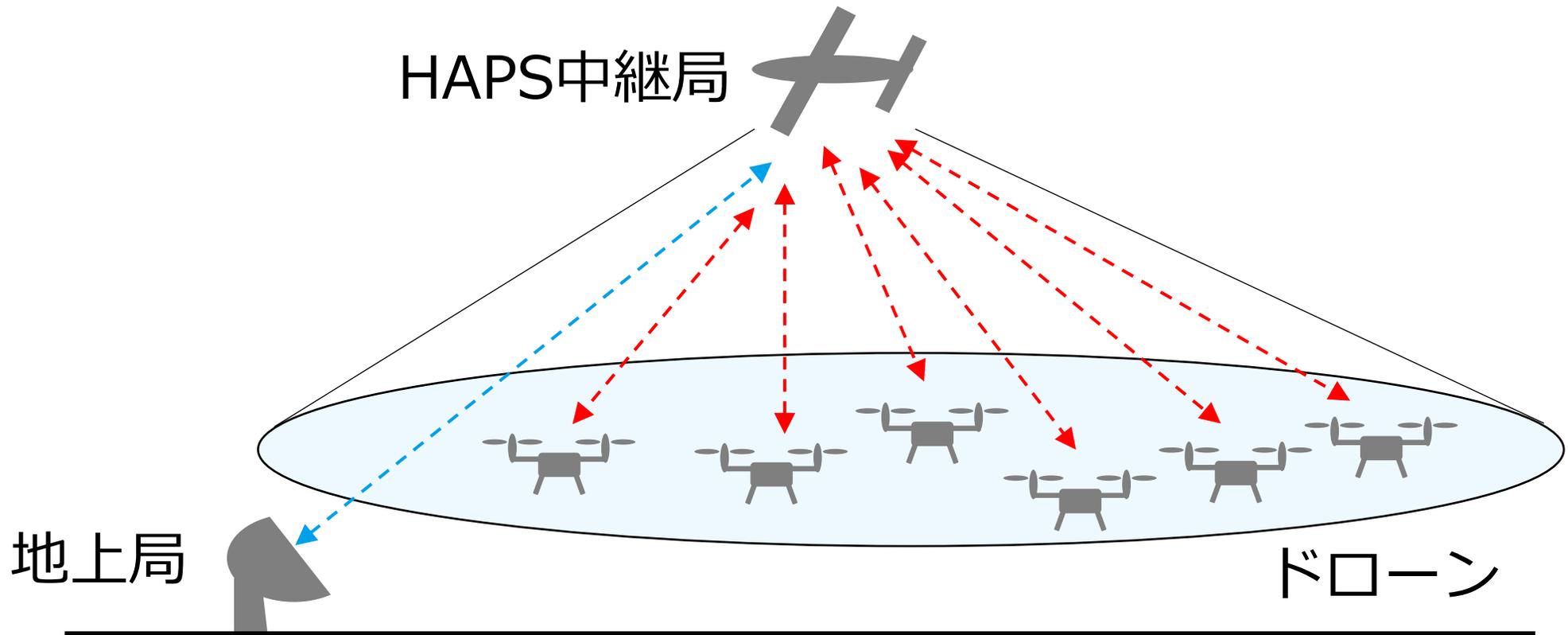
HAPSシステムにおけるドローン用アンテナの検討

宮下 功寛 周東 雅之 杉谷 敦彦

株式会社 モバイルテクノ

HAPSによる広域ドローン運航管理システム

- 地上局とドローン間のコマンド・テレメトリ通信を、飛行体に搭載したHAPS(High Altitude Platform Station)中継局経由で行うシステムが検討*
- 衛星より低コストで、広いエリアをカバー

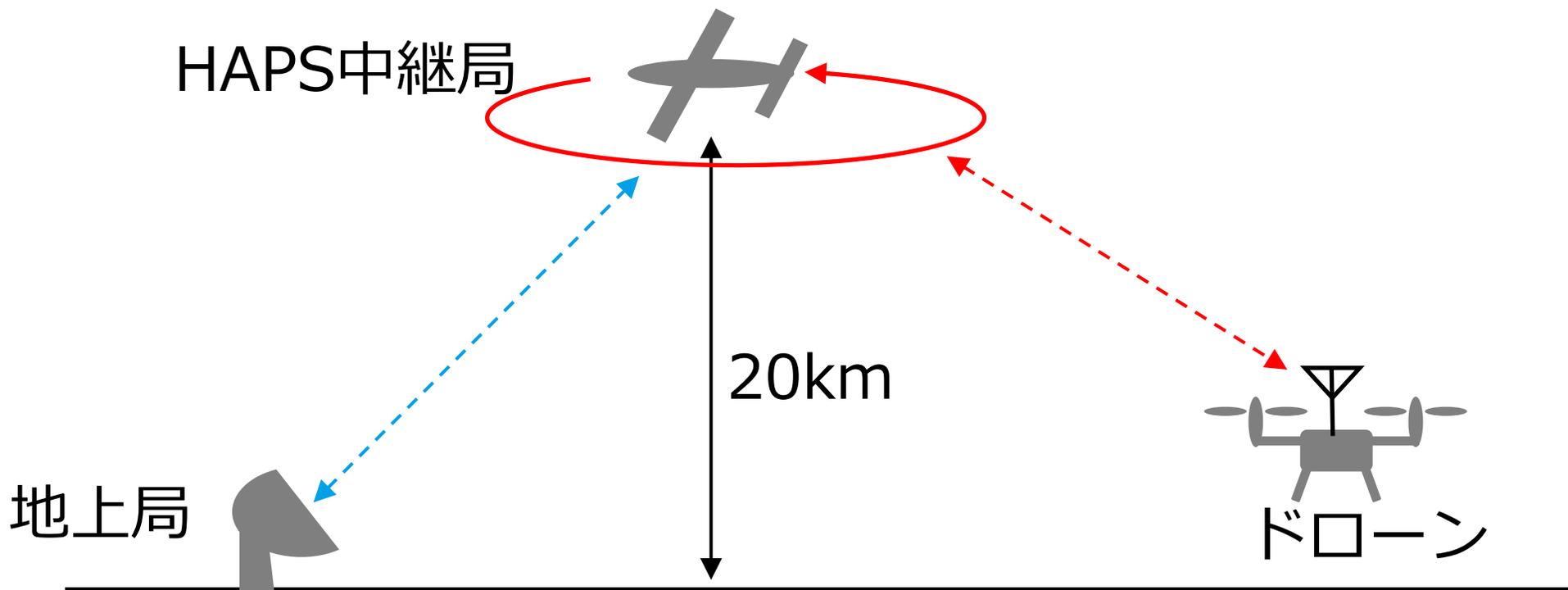


* 参考文献：高高度プラットフォーム（HAPS）を利用した3次元非地上通信ネットワーク（NTN）の開発
三浦 龍・小野文枝・松田隆志・児島史秀（NICT）・鈴木 淳・高盛哲美（スカパーJSAT）

中継局、ドローン間の通信

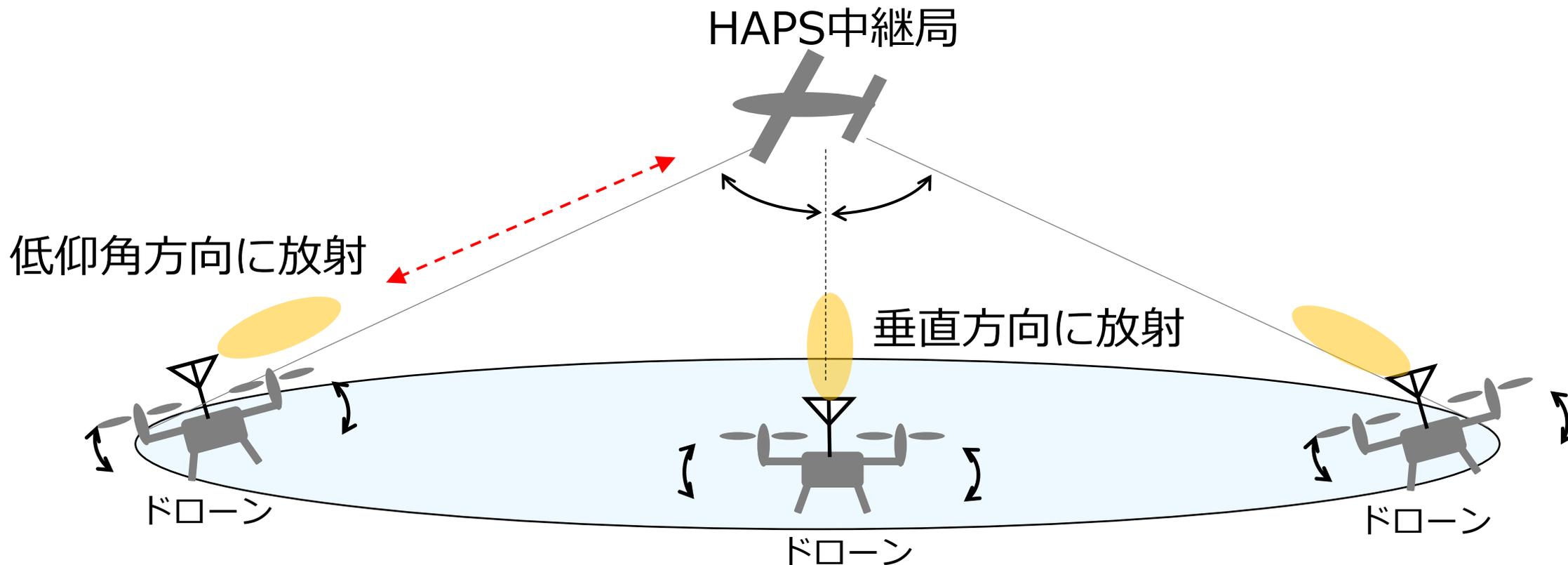
- ・周波数は、5030～5091 MHz
- ・見通し内通信、飛行体は高度20kmを常に旋回

⇒ 飛行体やドローンの姿勢による影響を受けにくい円偏波を想定



ドローン用アンテナへ求められる性能

- 一つのHAPS中継局で広いエリアをカバー
 - ドローンは、移動時や風などの影響で傾く
- ⇒ **広い角度範囲で放射できるドローン用円偏波アンテナ**を検討



4線巻きヘリカルアンテナの特性

4線巻きヘリカルアンテナ(QHA)

- 巻き方向、ピッチ角によって指向性が変化

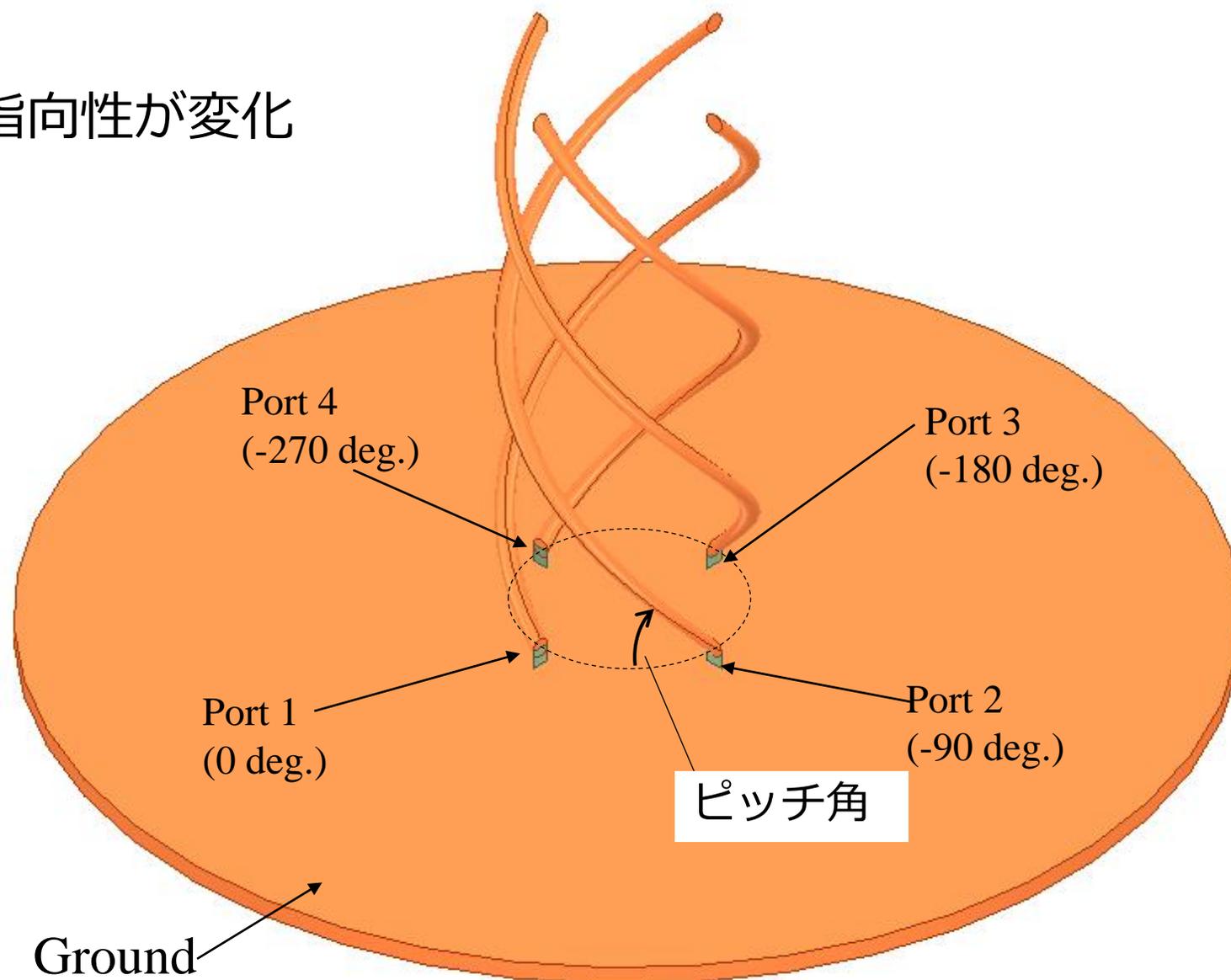
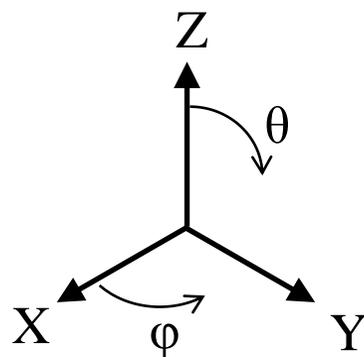
■解析モデルの仕様

周波数：5060 MHz

偏波：右旋円偏波 (RHCP)

ヘリカル巻き数N：0.75

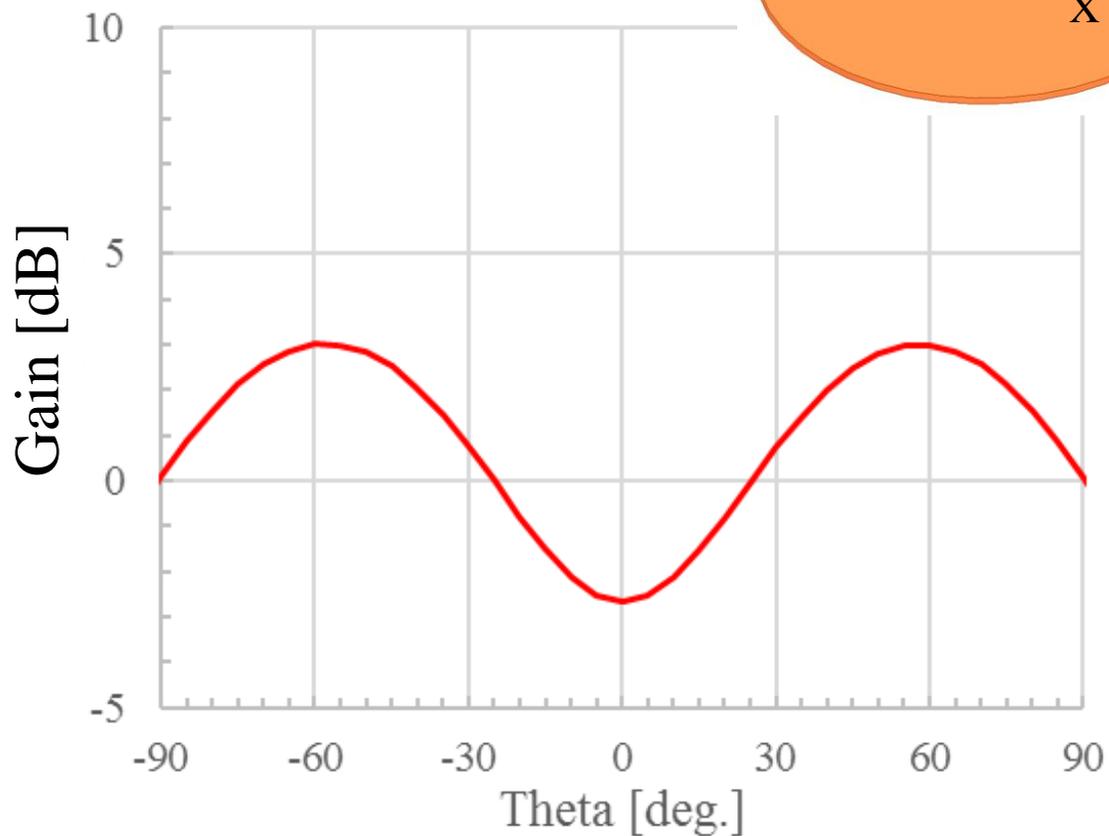
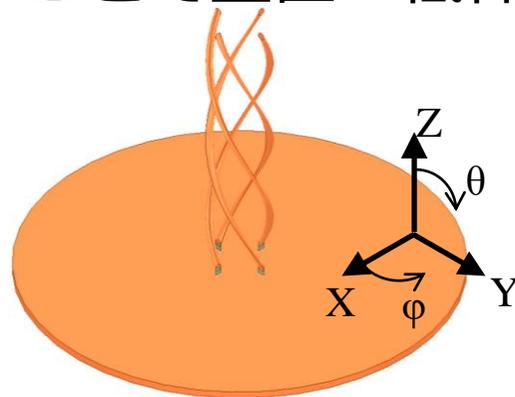
アンテナ素子の長さ：約 $3/4\lambda$



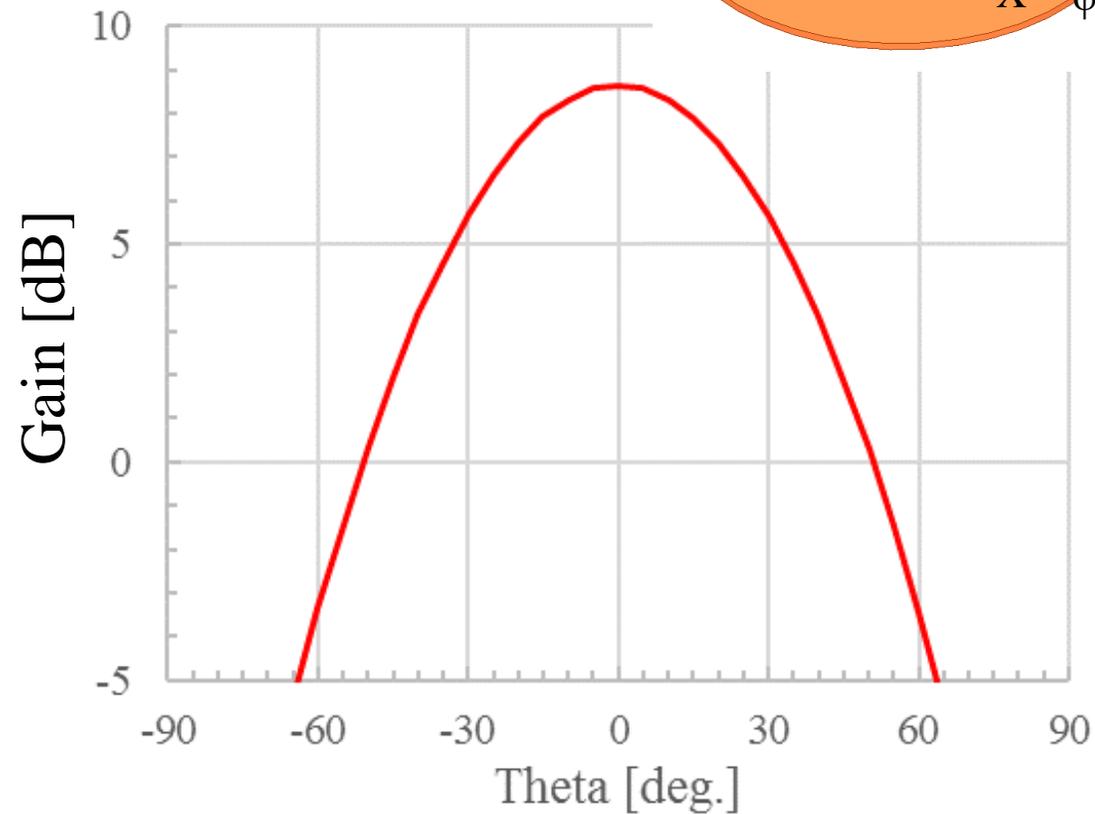
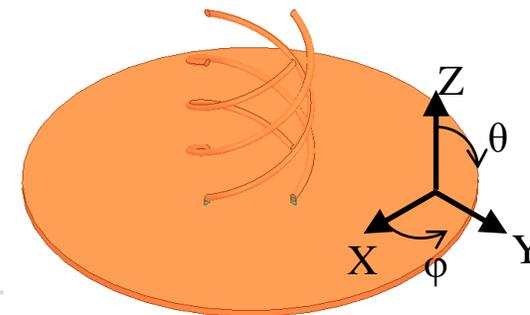
4線巻きヘリカルアンテナの放射指向性 (ZX面、RHCP)

2つの特性を組み合わせることで垂直・低仰角方向に放射するアンテナを検討

- ・ 左巻き
ピッチ角63度
⇒ 低仰角方向の利得が高い



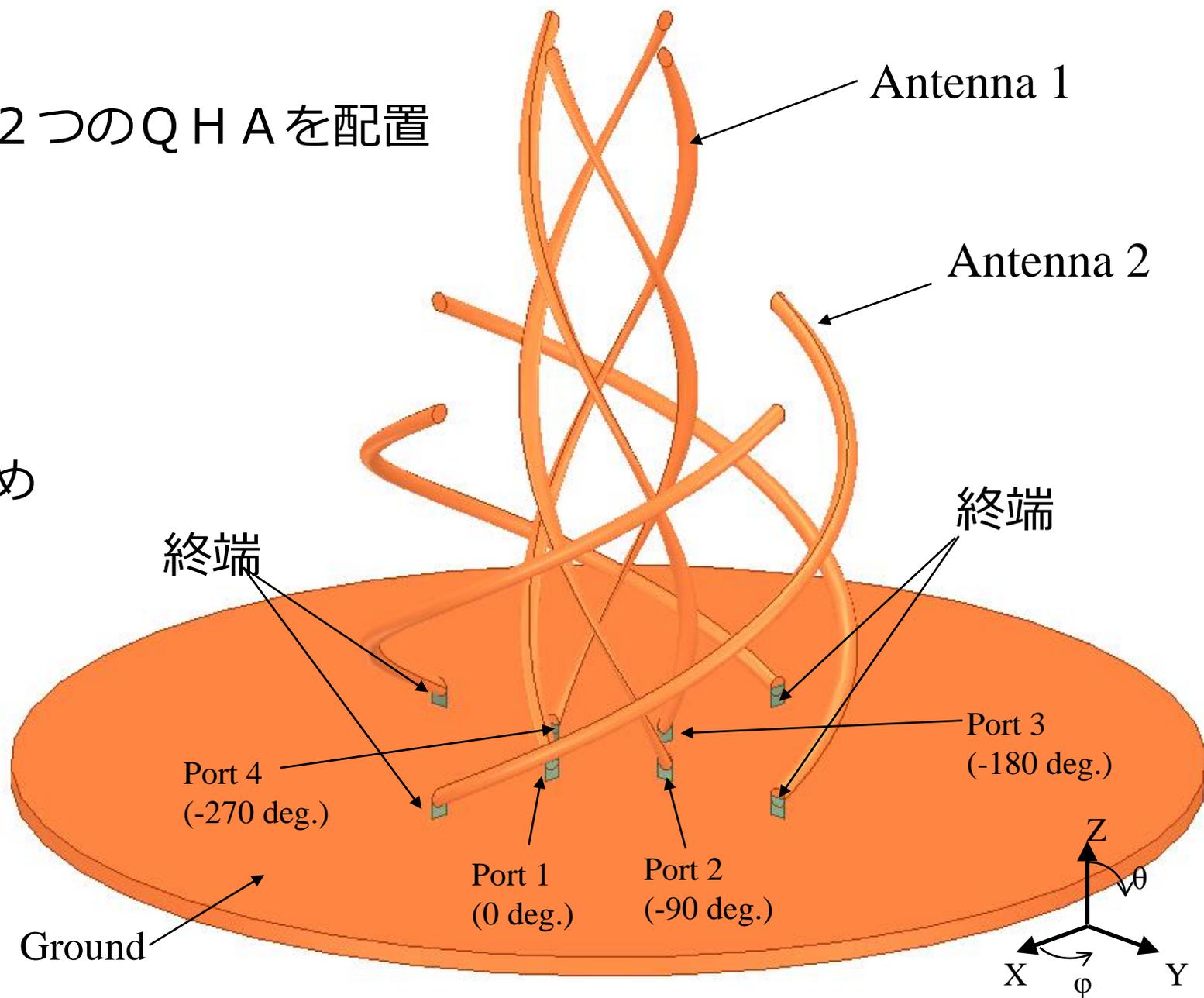
- ・ 右巻き
ピッチ角30度
⇒ 垂直方向の利得が高い



提案アンテナの構成および基本特性

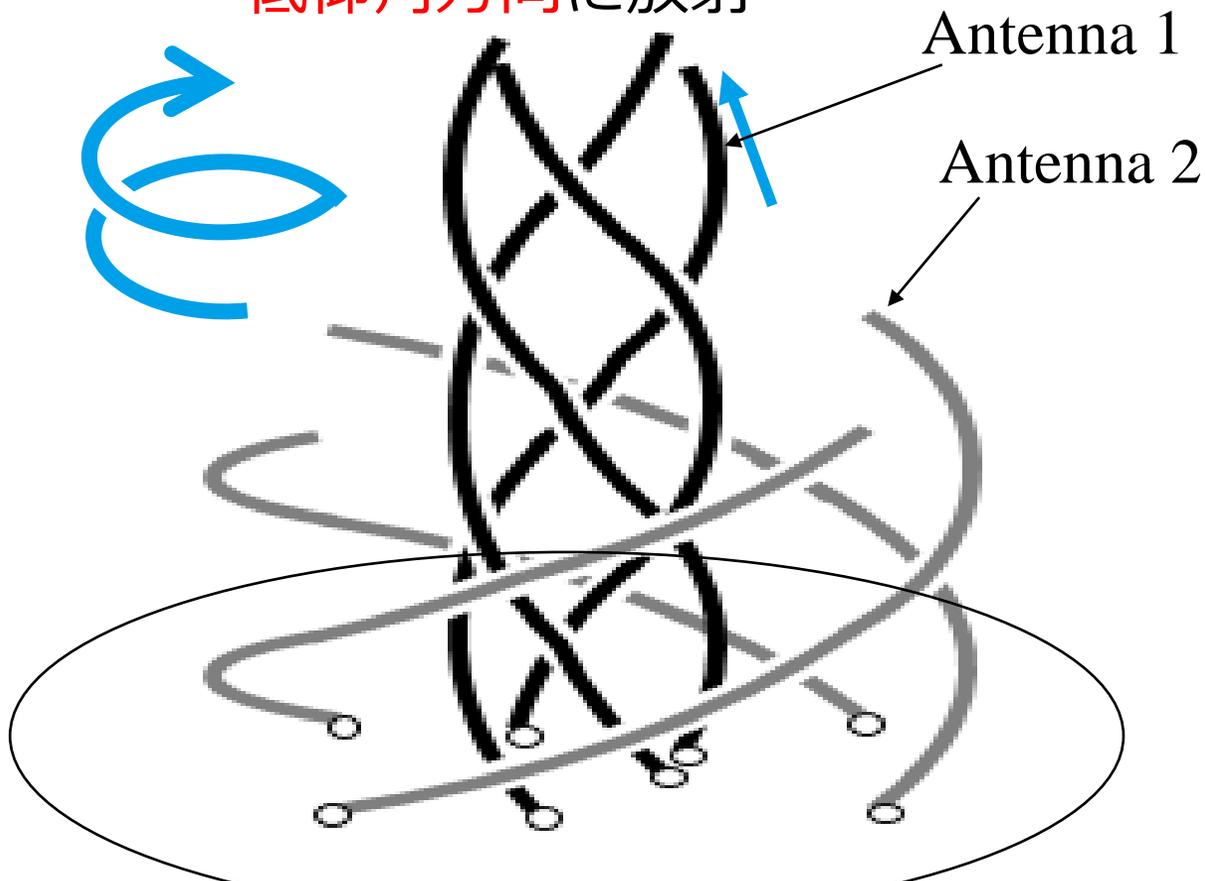
提案アンテナの構成

- 巻き方向、ピッチ角が異なる2つのQHAを配置
Antenna1：低仰角方向放射
Antenna2：垂直方向放射
- アンテナ素子の長さ：約 $3/4\lambda$
- 給電回路を簡単に構成するため
Antenna1：給電素子
Antenna2：無給電素子
- Antenna2の終端条件の切り替えで動作モードを制御



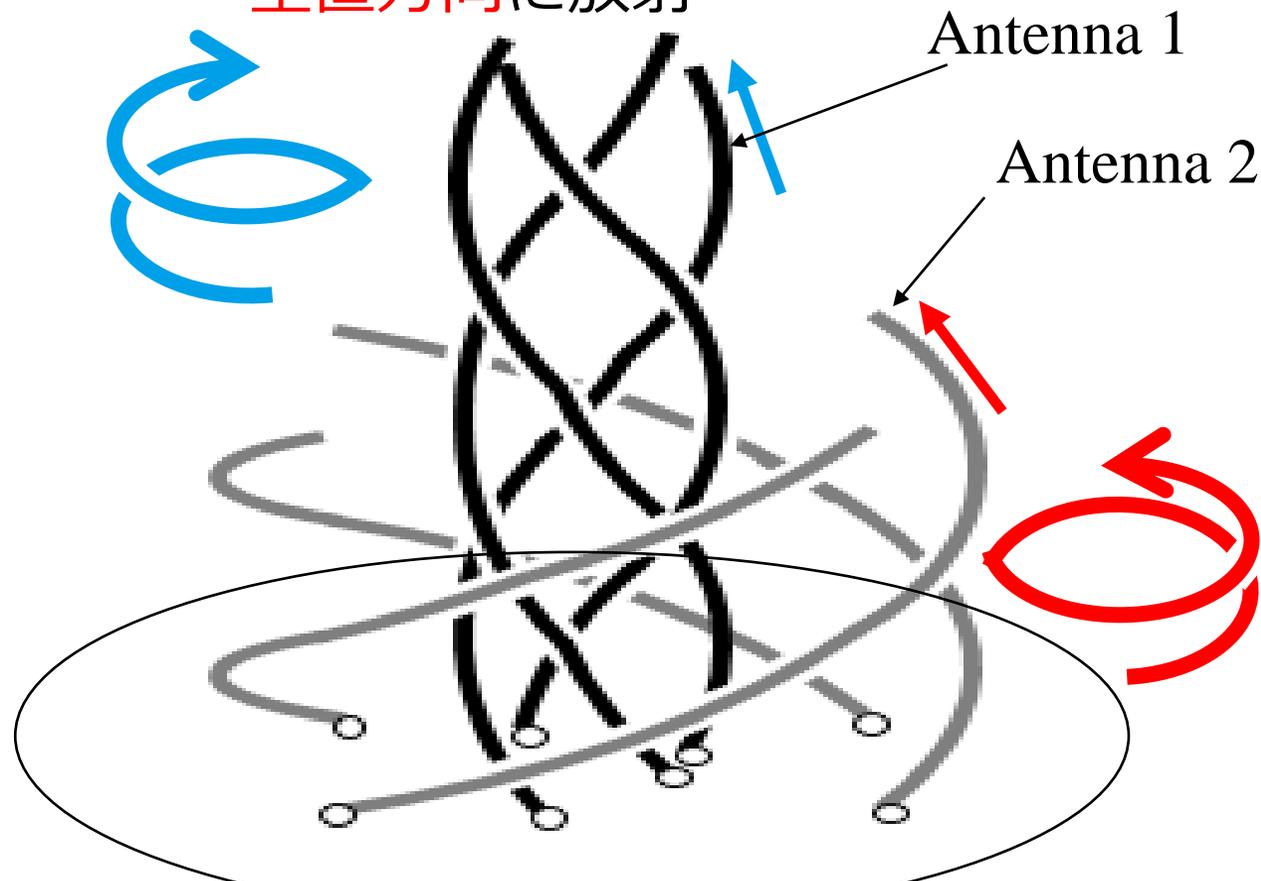
提案アンテナの動作モード制御

- 終端負荷 Z_L : Open (1 M Ω)
 \Rightarrow Antenna1による動作モード
低仰角方向に放射



Antenna2に電流が誘起されにくい

- 終端負荷 Z_L : Short (0 Ω)
 \Rightarrow Antenna1,2による動作モード
垂直方向に放射

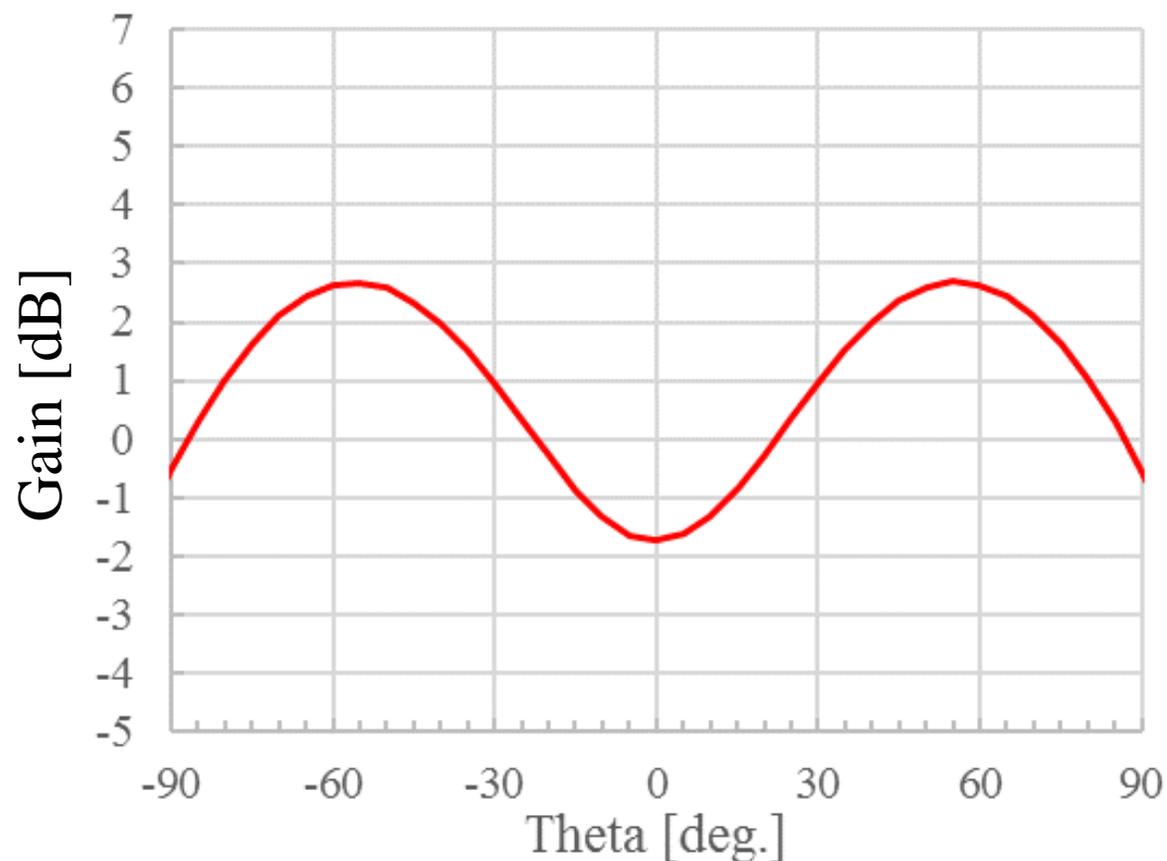


- Antenna2に電流が誘起
- 巻き方向が逆の場合、互いに近い位相で励振

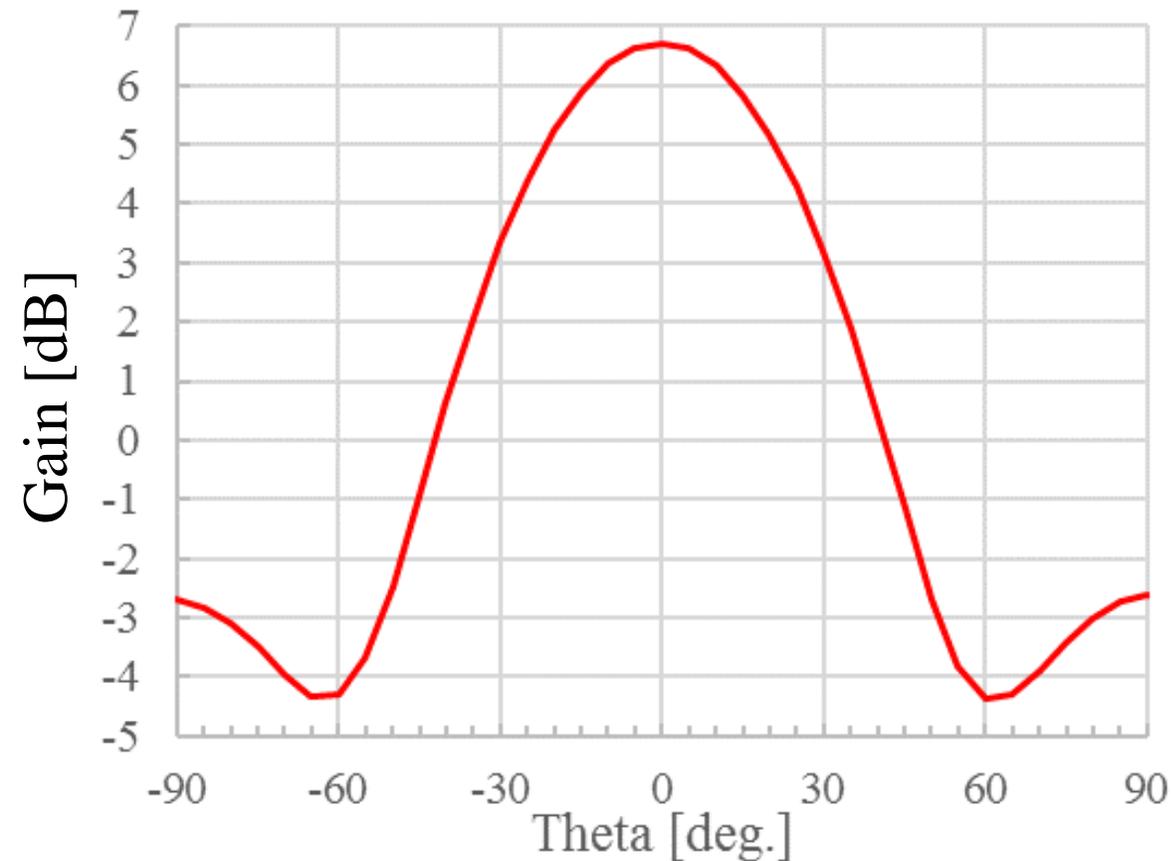
提案アンテナの放射指向性 (ZX面、RHCP)

終端条件を変化させることで、放射方向 (低仰角 / 垂直) が変化

終端負荷 Z_L : Open



終端負荷 Z_L : Short



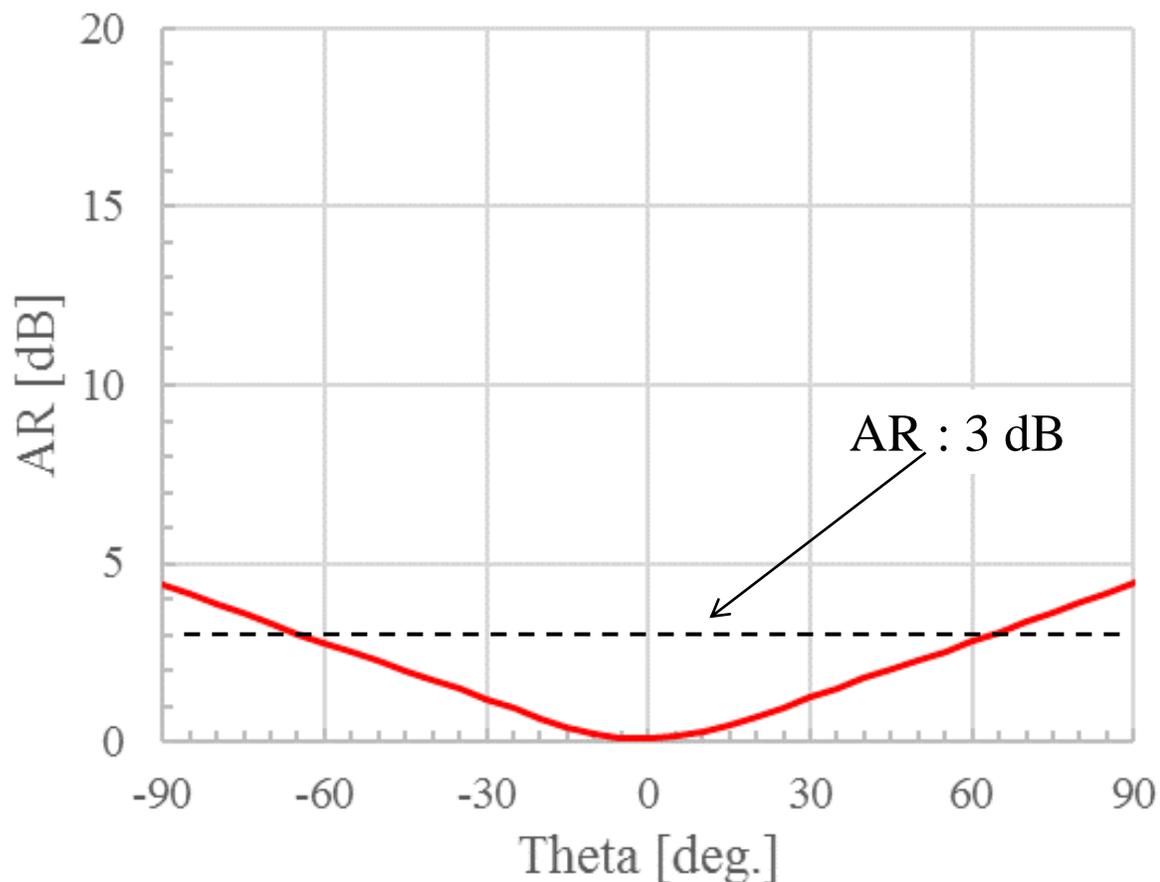
提案アンテナの軸比特性 (ZX面)

軸比3dB以下の範囲

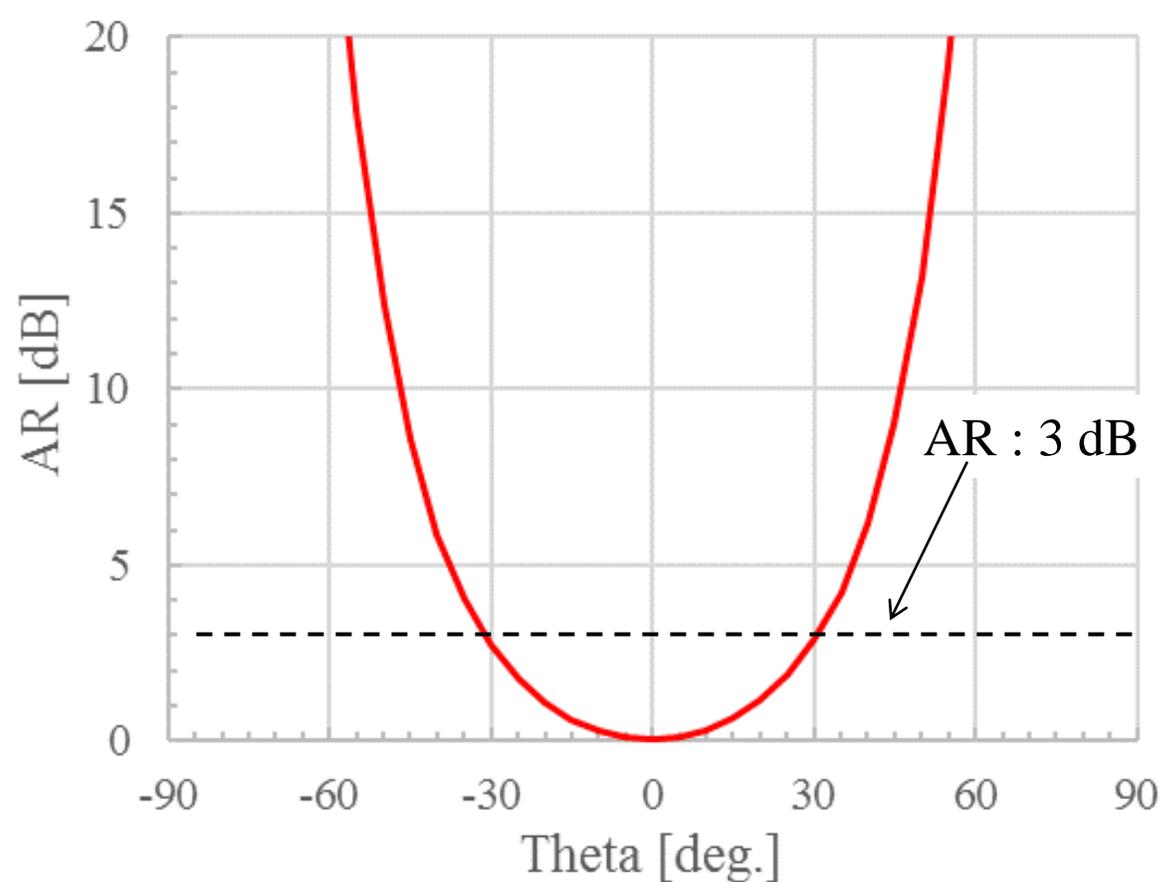
終端負荷 Z_L : Open $\Rightarrow \pm 65$ 度

終端負荷 Z_L : Short $\Rightarrow \pm 30$ 度

終端負荷 Z_L : Open



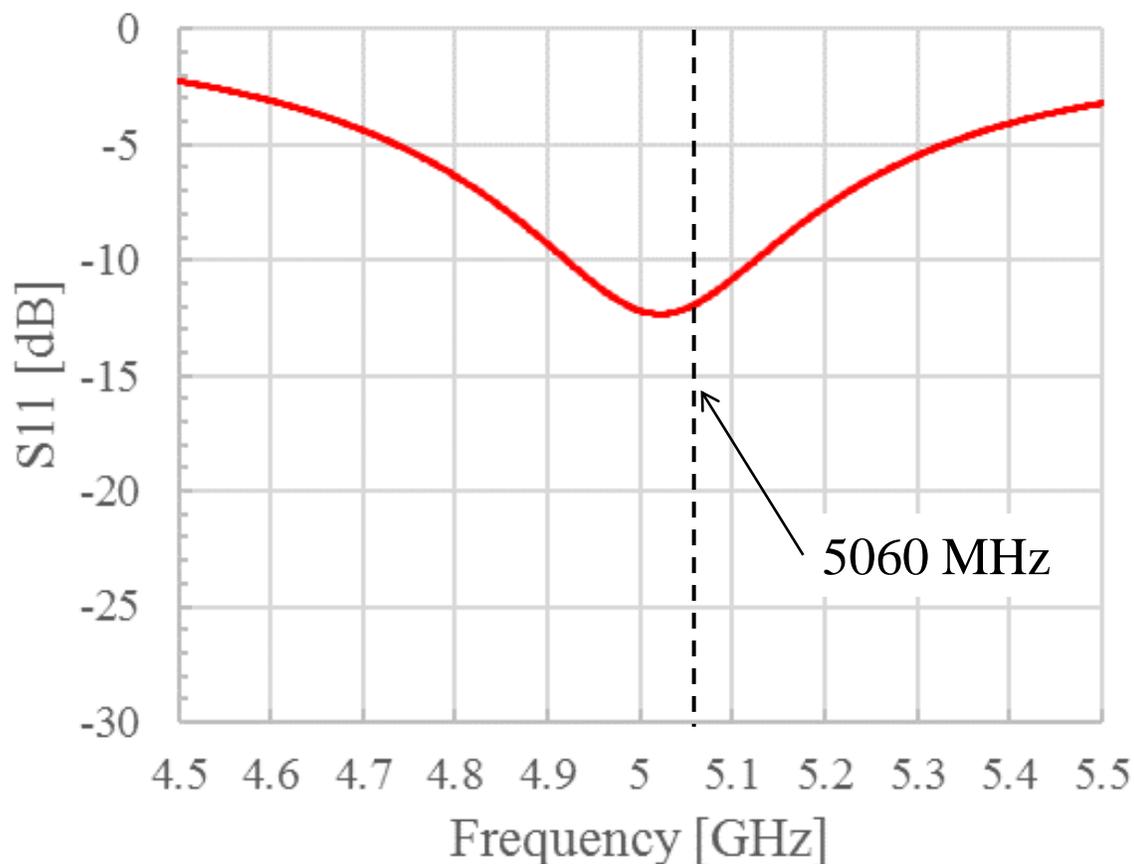
終端負荷 Z_L : Short



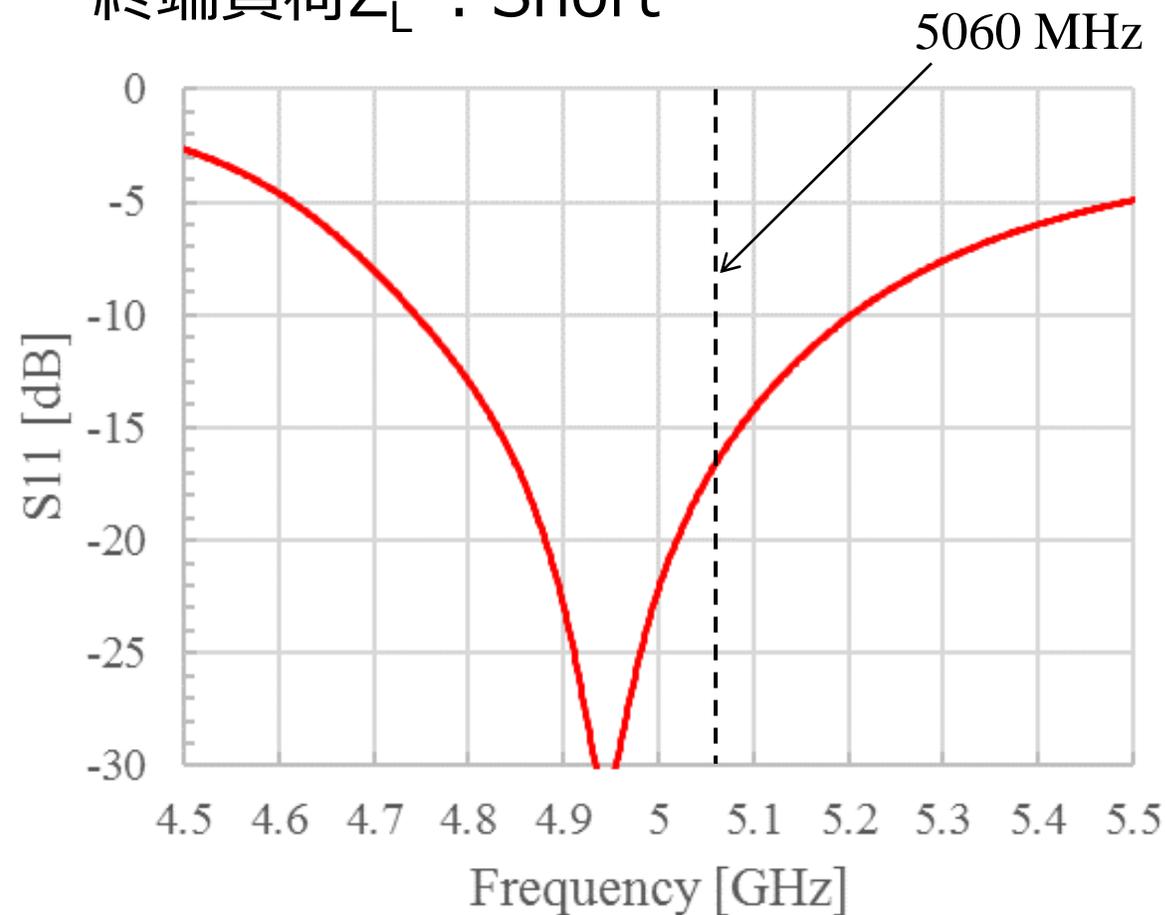
提案アンテナの反射特性 (S11)

無給電アンテナ素子の終端条件を変化させても、反射量は-10dB以下

終端負荷 Z_L : Open



終端負荷 Z_L : Short

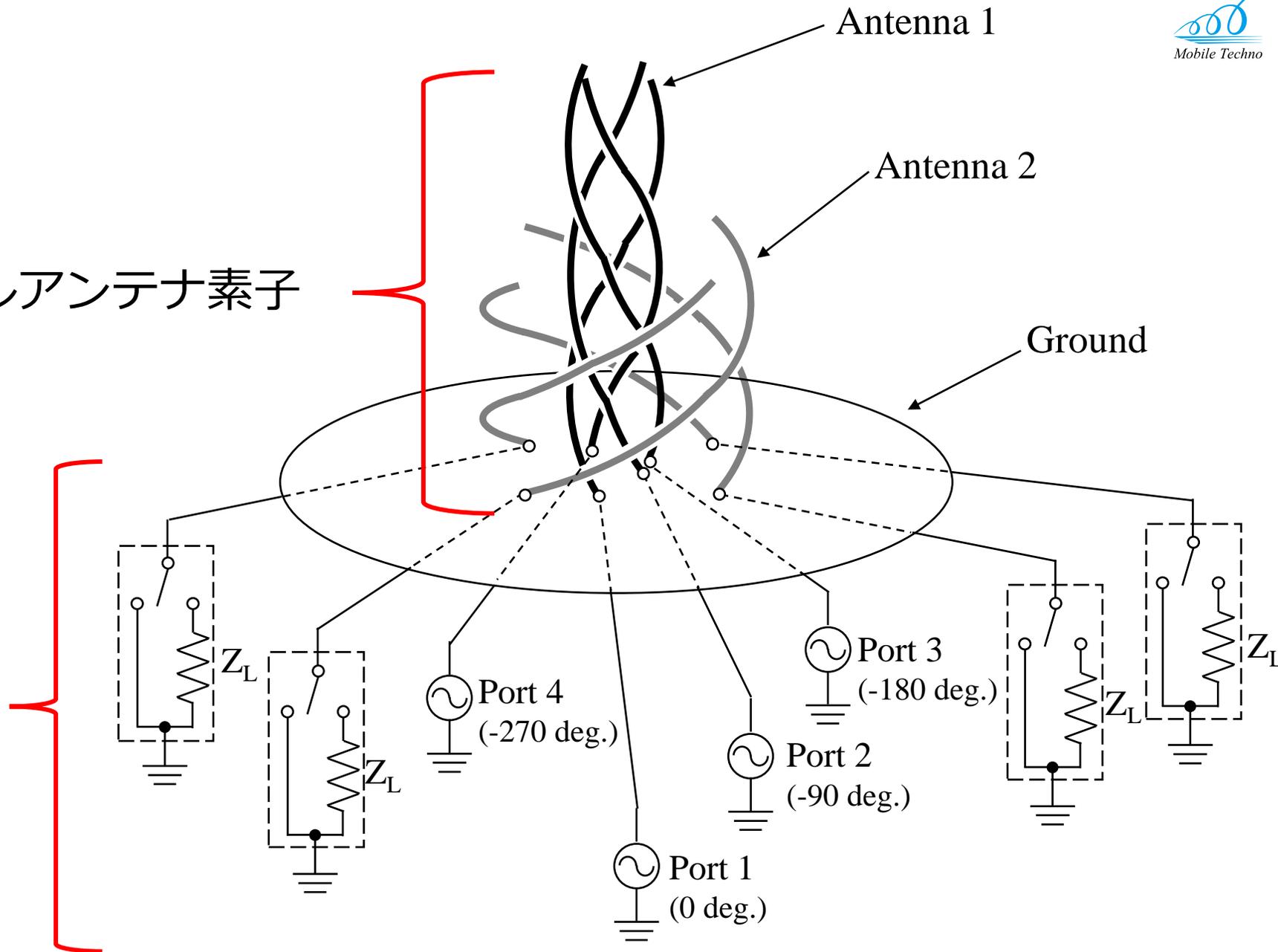


提案アンテナの製作方法の検討

提案アンテナの製作

ヘリカルアンテナ素子

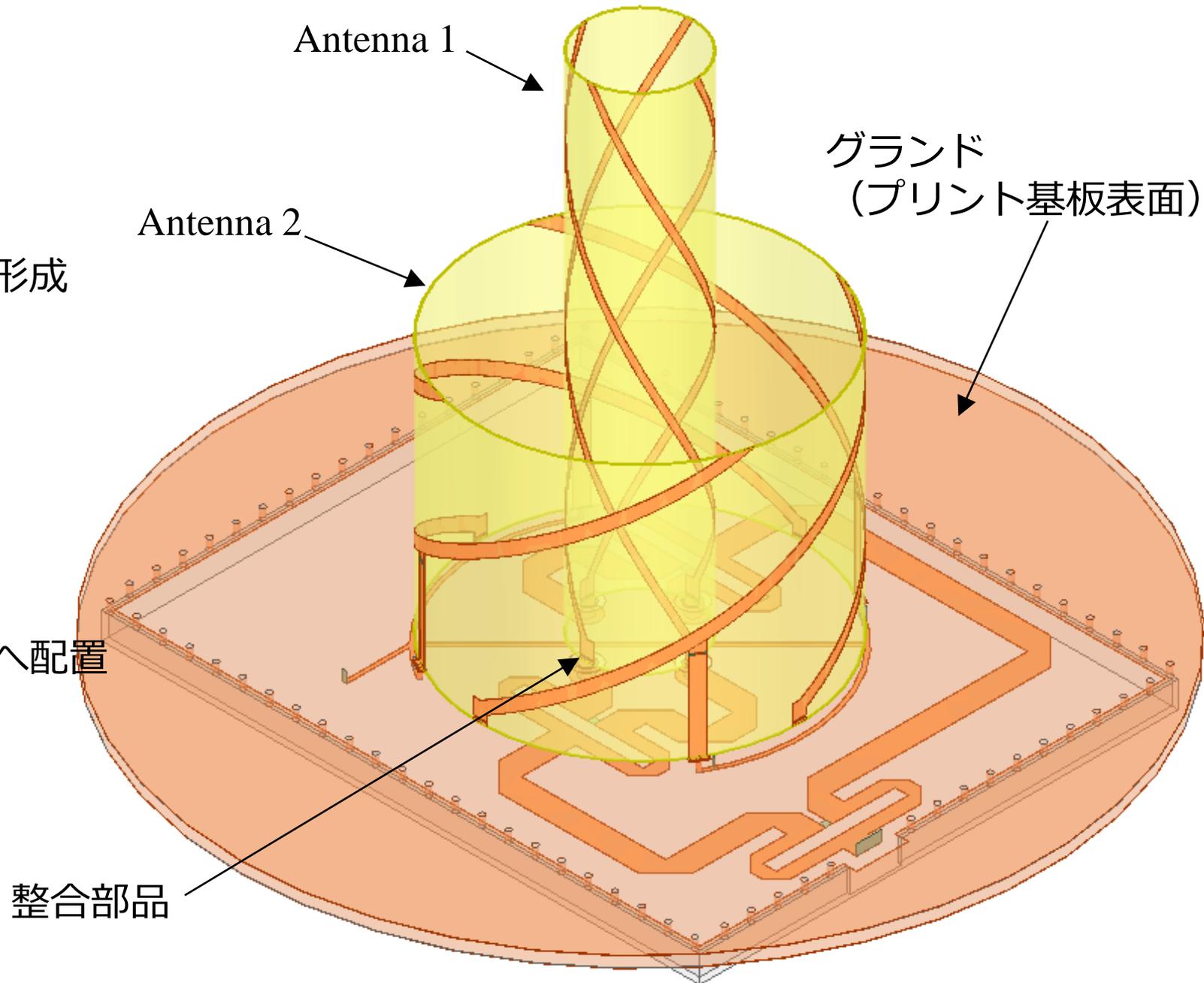
給電回路
終端負荷の切り替え



ヘリカルアンテナ素子

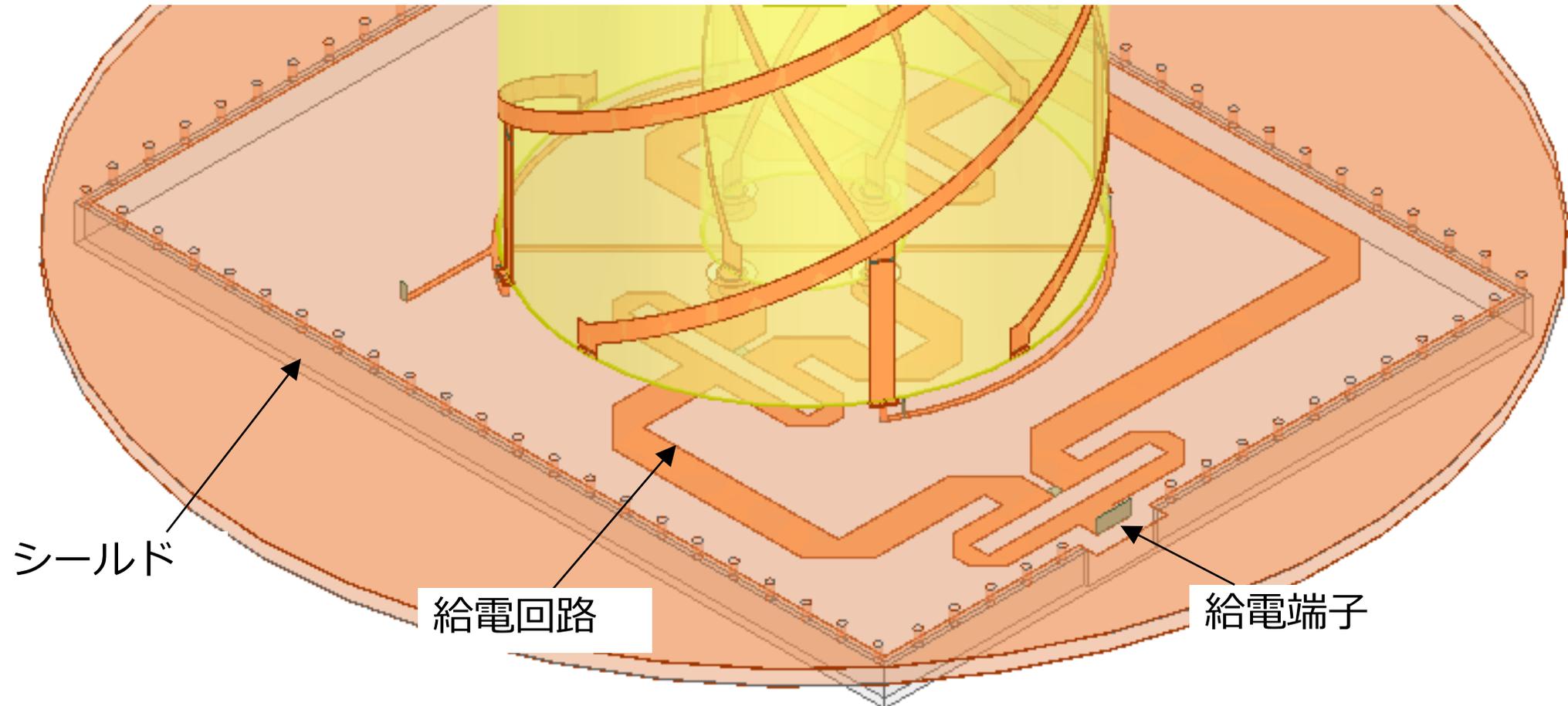
- グラウンドはプリント基板表面に形成
グラウンド上にアンテナを設置
- フレキシブル基板の上に
アンテナパターンを形成

高い寸法精度を実現
整合回路をフレキシブル基板上へ配置



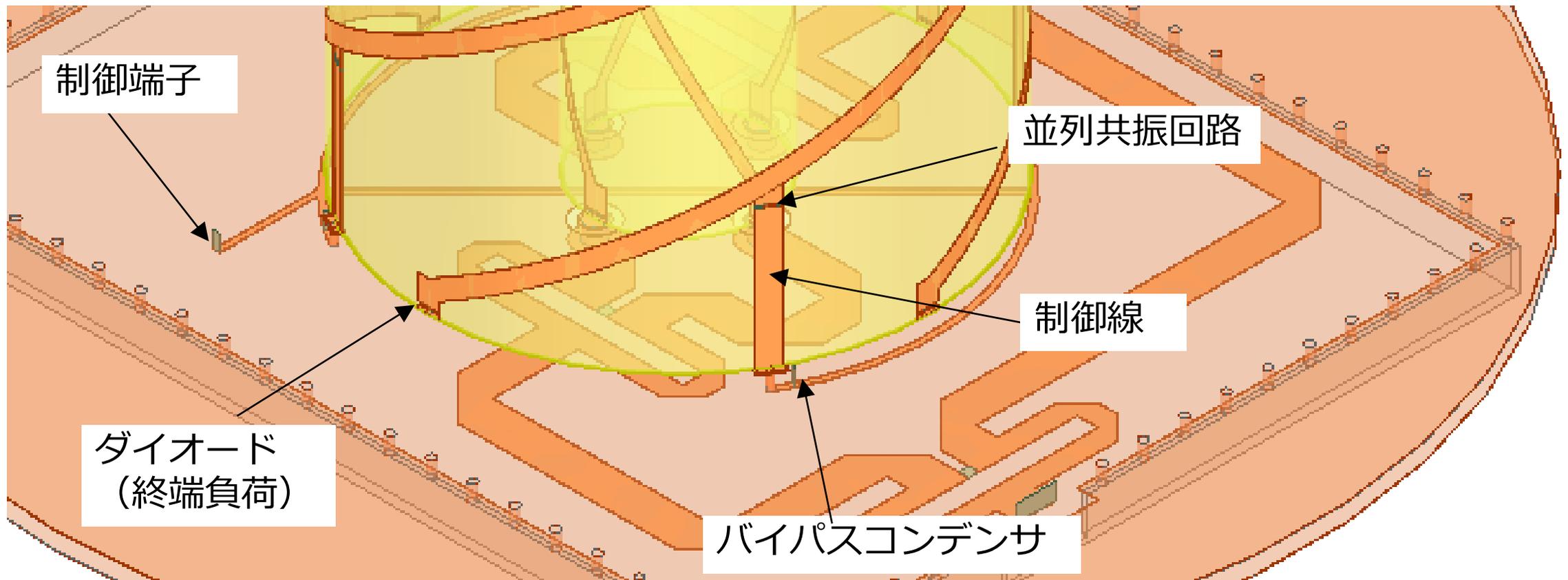
給電回路

- プリント基板裏面に給電回路を形成
- 90度位相差給電のため、ウィルキンソン分配器と移相器で構成
- 給電回路はシールドでカバー、電波の放射による放射特性へ影響を抑制



終端負荷の切り替え

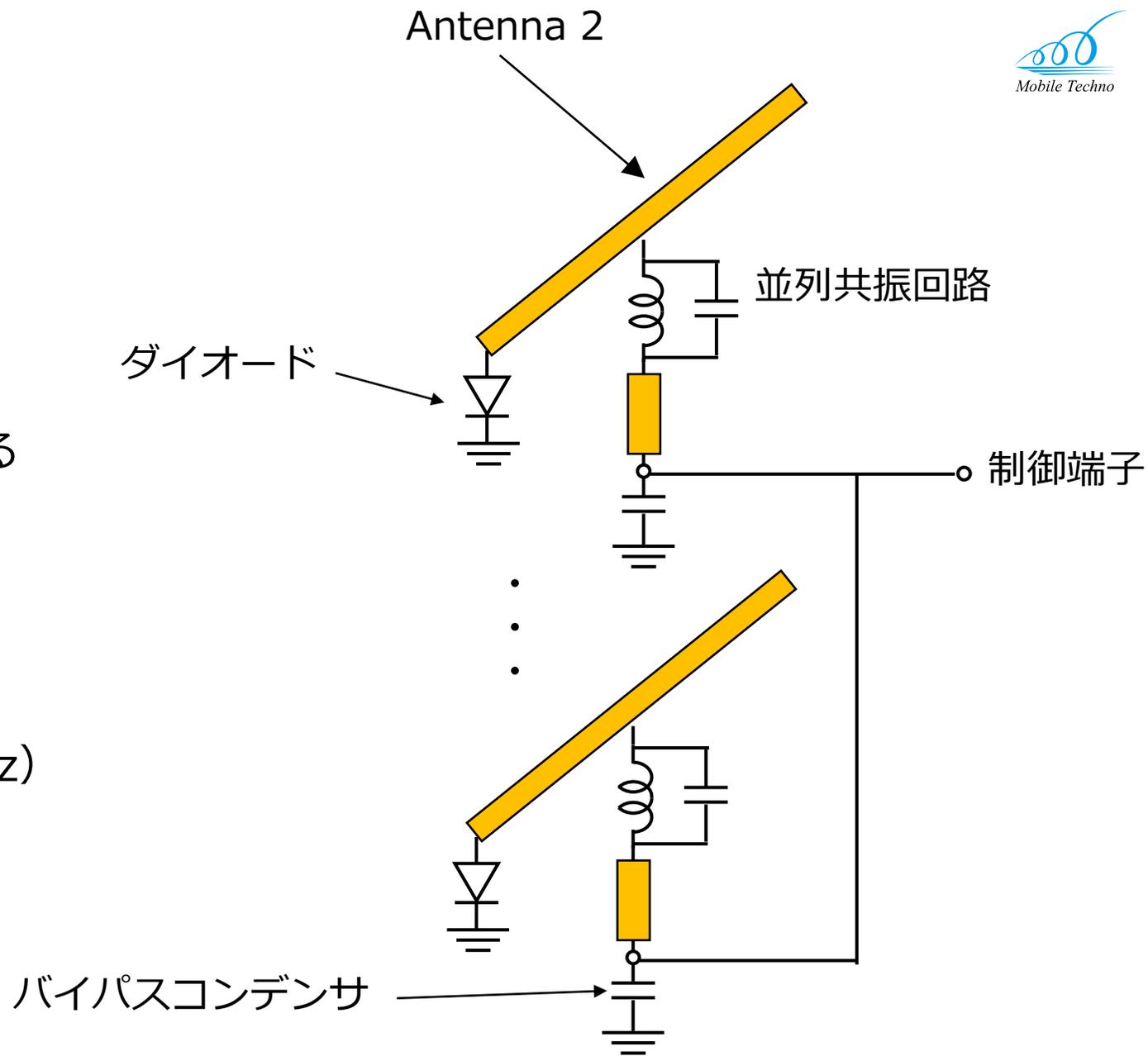
- 終端負荷は、ダイオードを想定
- ダイオードにDC電圧を印加するための制御線、並列共振回路、バイパスコンデンサ、制御端子を挿入



終端負荷の切り替え回路

- ダイオードに制御端子を介してDC電圧を印加
- DC電圧を制御することにより、終端負荷のインピーダンスを切り替える
- アンテナからの電流が、制御線へ流れることを阻止するため、以下を挿入

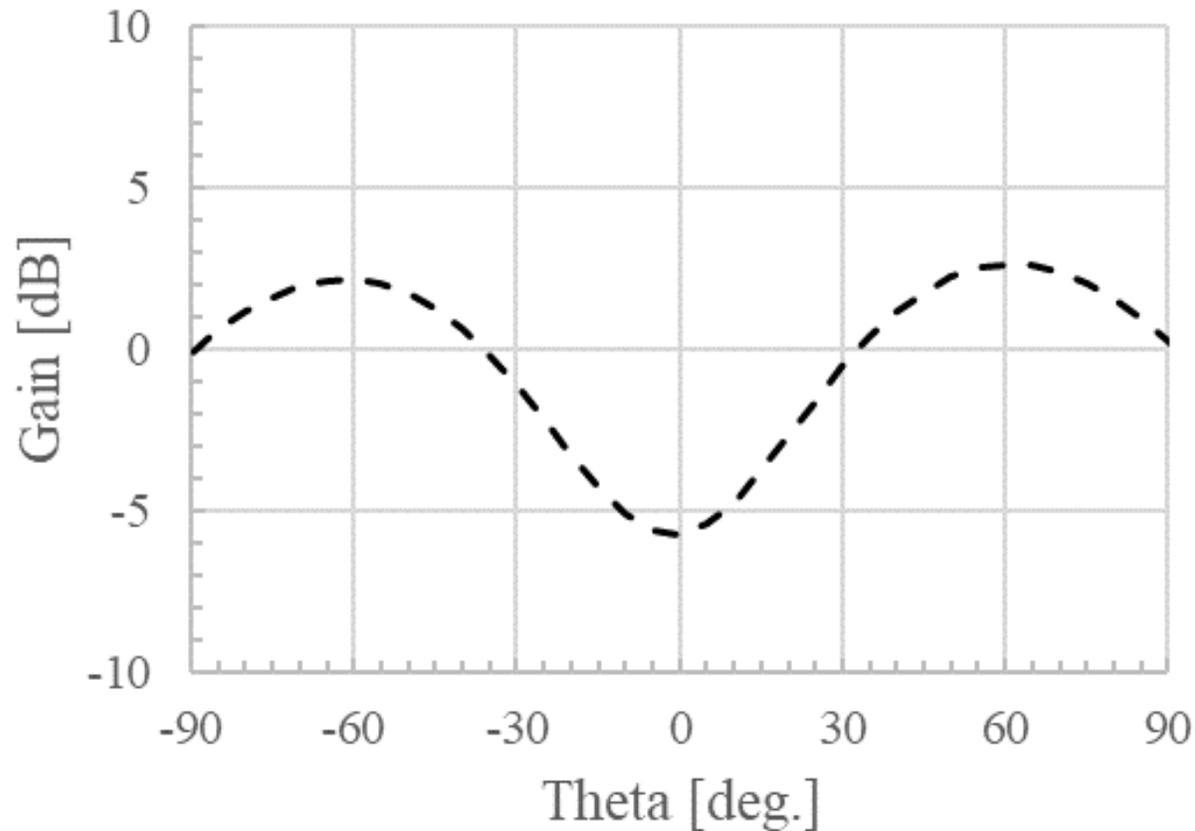
並列共振回路（共振周波数:5060MHz）
バイパスコンデンサ



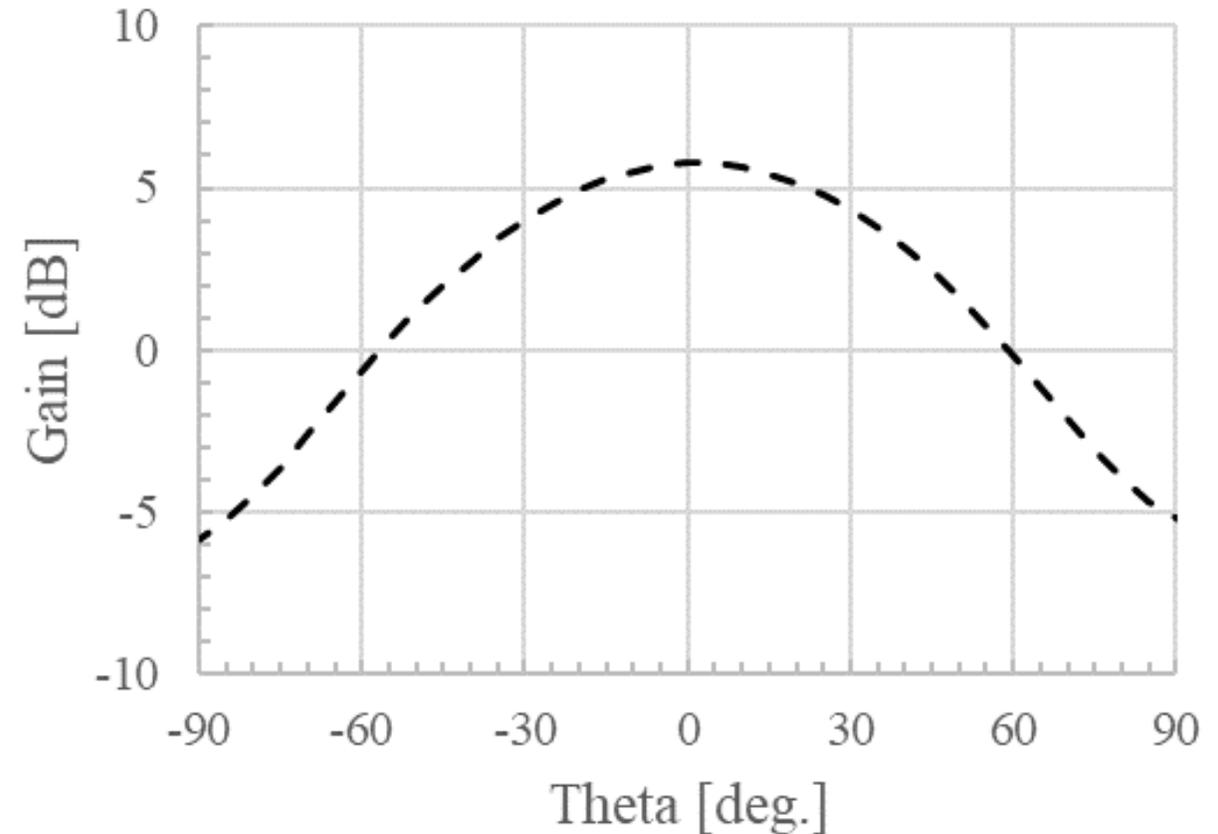
提案アンテナの放射指向性 (ZX面、RHCP)

終端条件を変化させることで、放射方向（低仰角／垂直）が変化

終端負荷 Z_L : Open



終端負荷 Z_L : Short



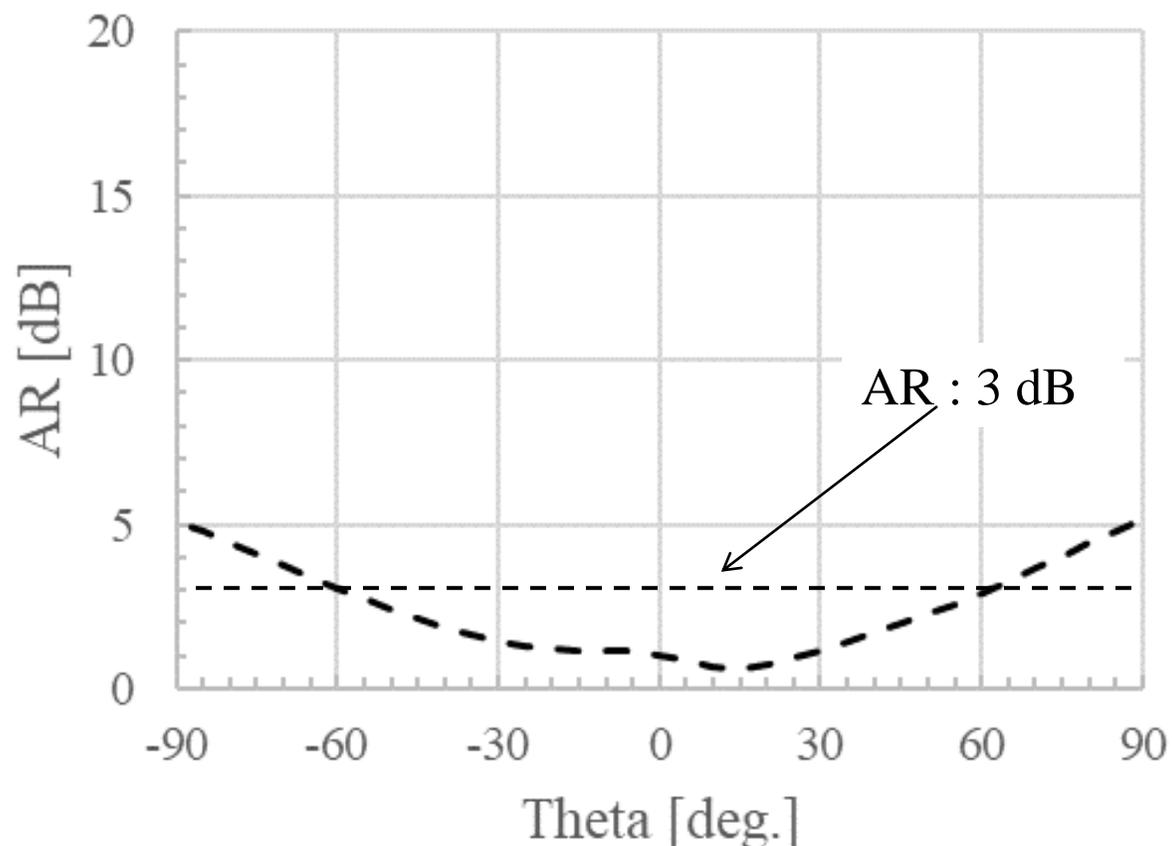
提案アンテナの軸比特性 (ZX面)

軸比3dB以下の範囲

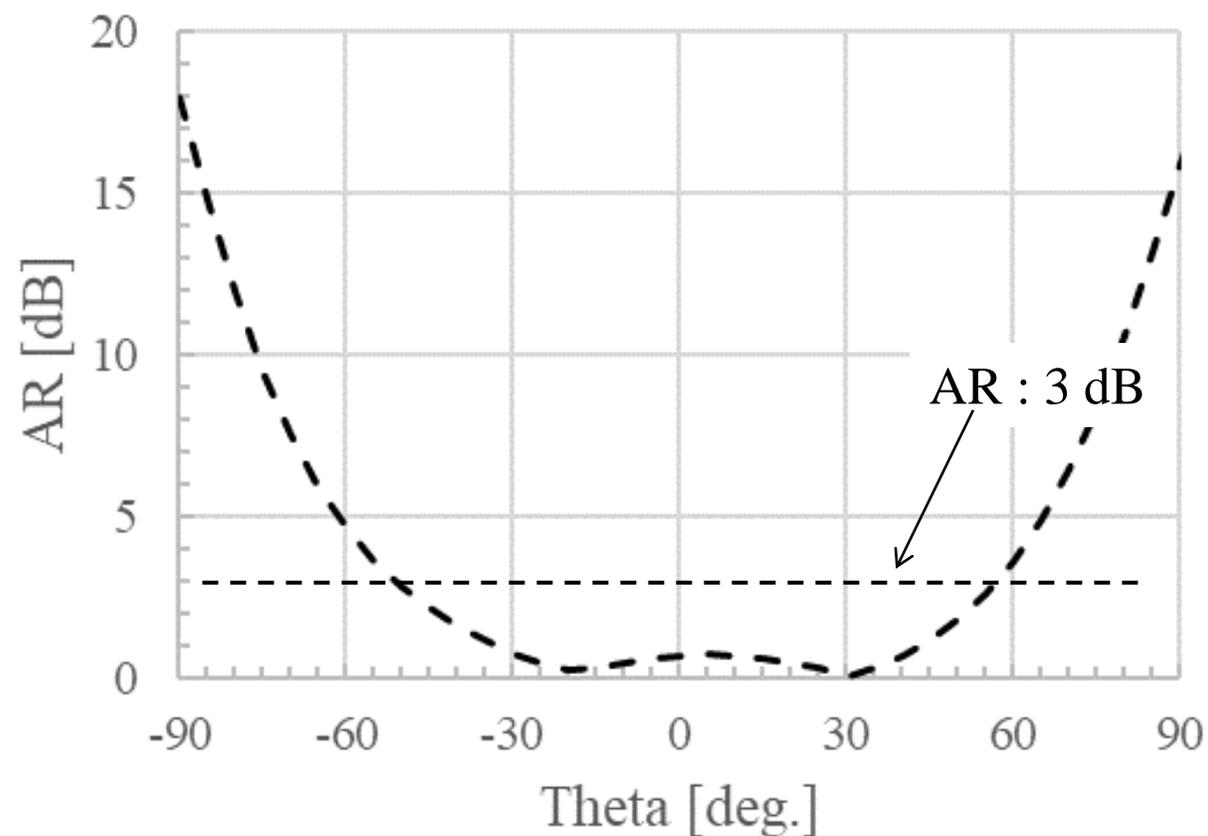
終端負荷 Z_L : Open \Rightarrow \pm 約60度

終端負荷 Z_L : Short \Rightarrow \pm 約50度

終端負荷 Z_L : Open



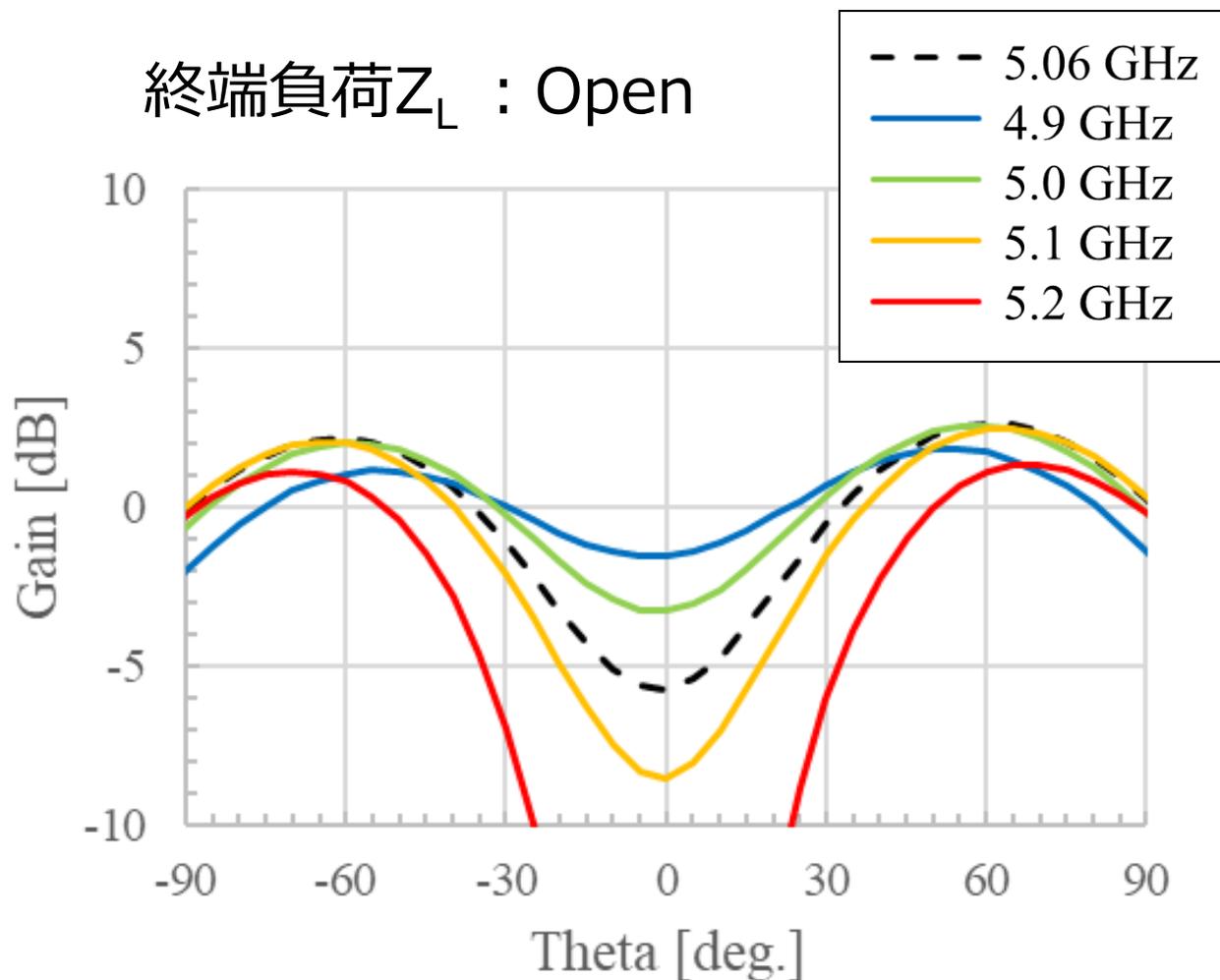
終端負荷 Z_L : Short



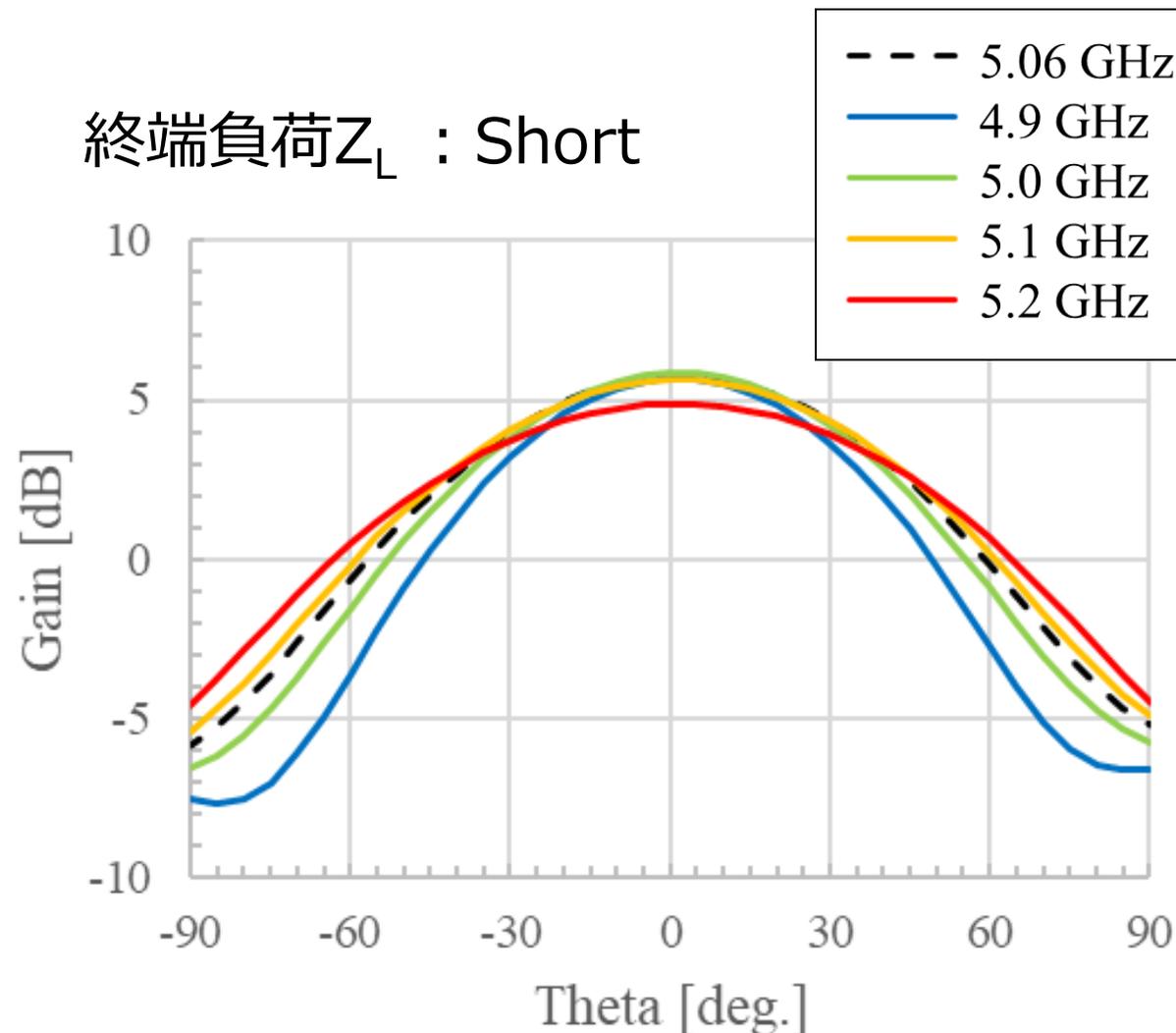
提案アンテナの放射指向性 (ZX面、RHCP)

5.0~5.1GHzの周波数範囲では、放射方向における特性劣化が見られない

終端負荷 Z_L : Open

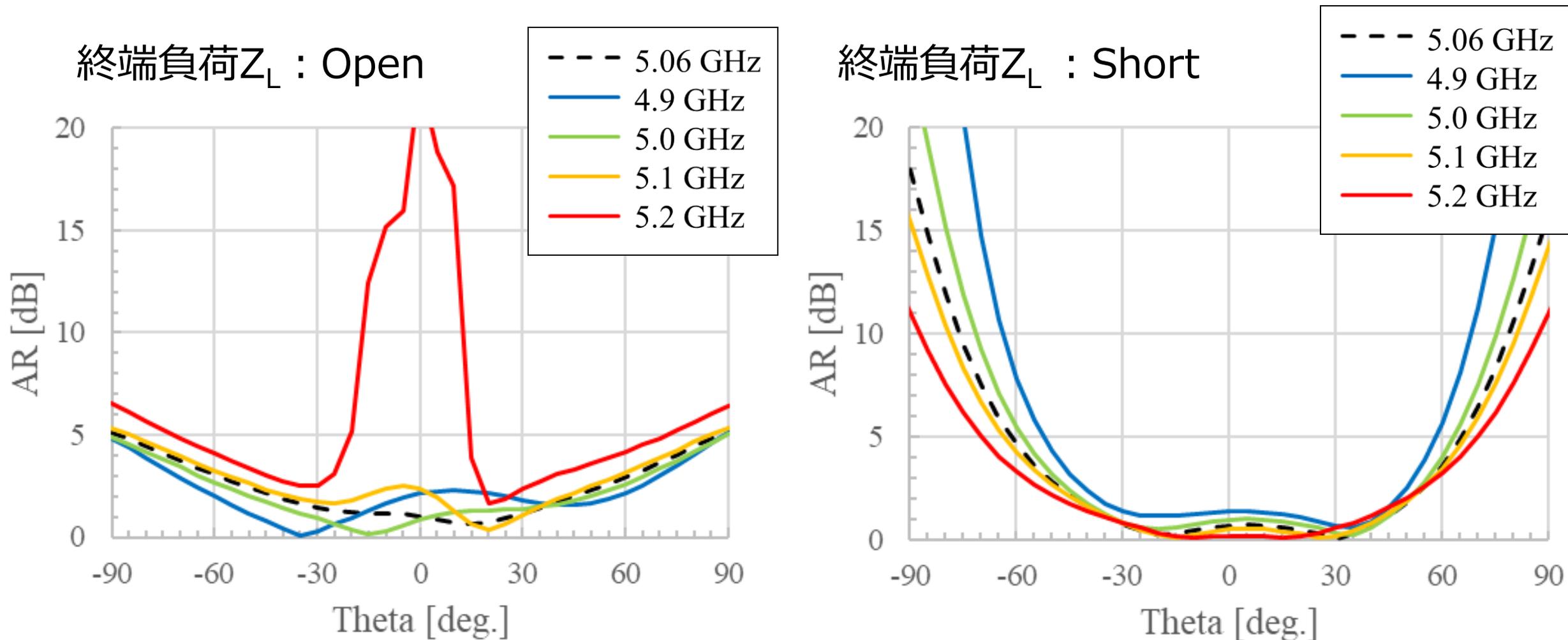


終端負荷 Z_L : Short



提案アンテナの軸比特性 (ZX面)

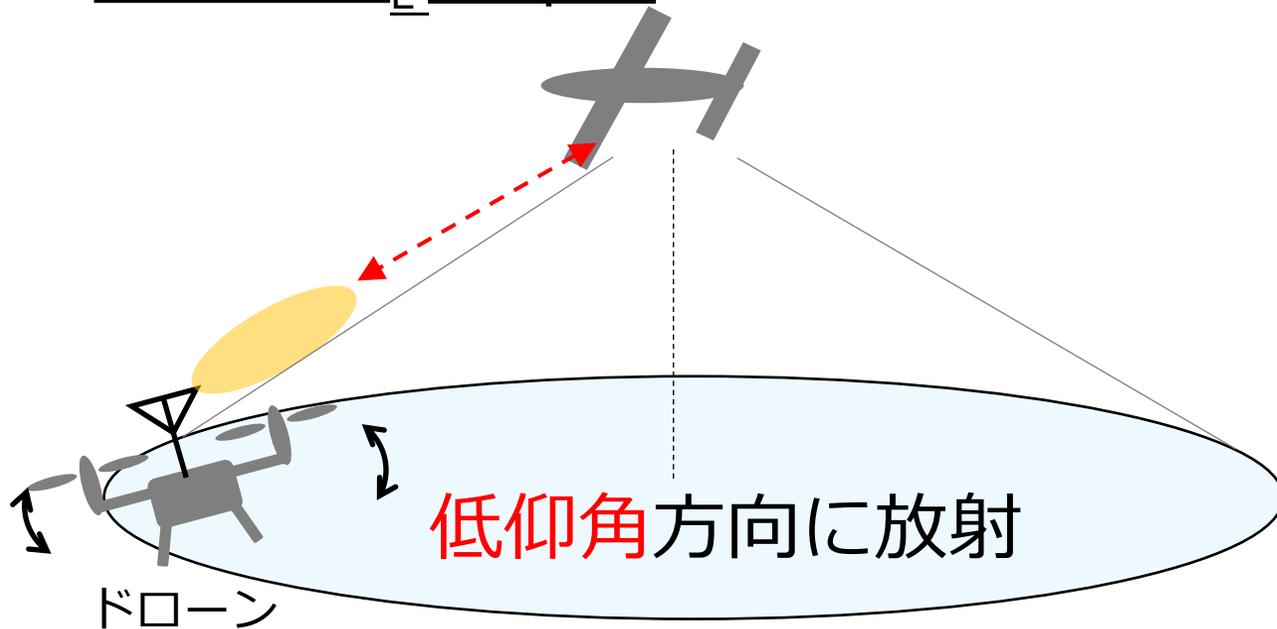
5.0~5.1GHzの周波数範囲では、特性劣化が見られない



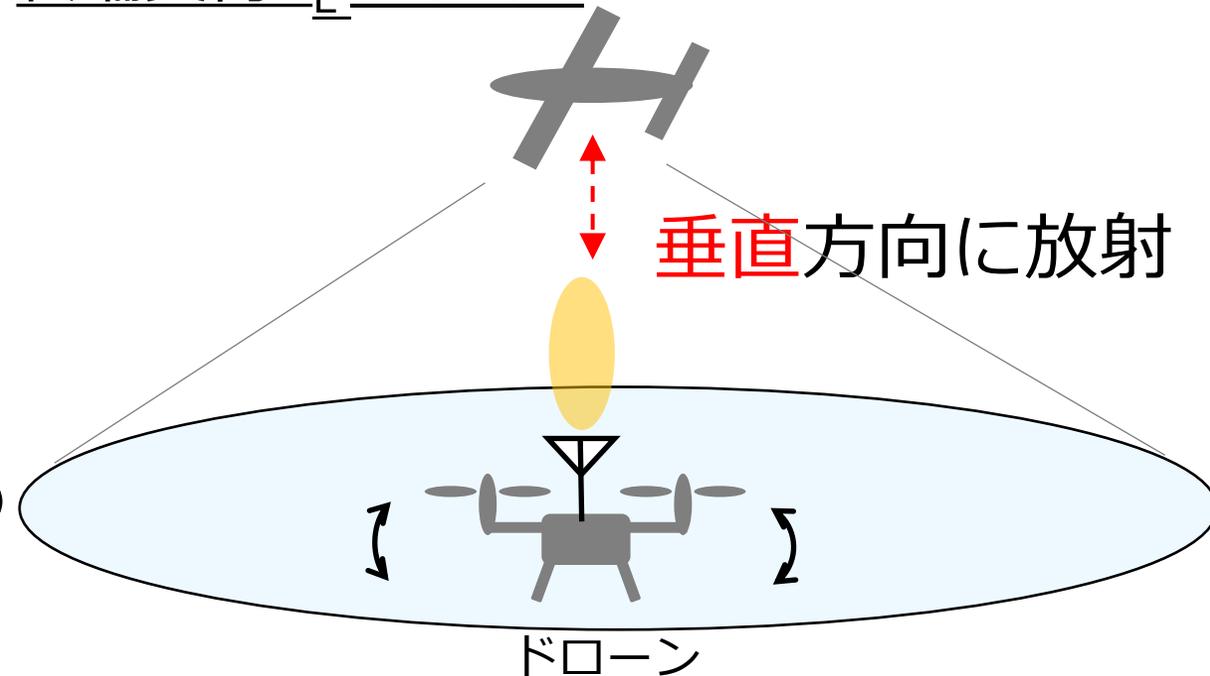
提案アンテナの利用イメージ

中継局の方向、ドローンの姿勢に応じて動作モードを制御することで広い角度範囲へ対応

終端負荷 Z_L : Open



終端負荷 Z_L : Short



■ 今後の課題

中継局の方向、ドローンの姿勢に応じて放射方向を制御するシステムの検討