

火星航空機用高度計の開発 Development of a Radar Altimeter for an Airplane Cruising in the Mars' Atmosphere

米村 翔††

Syo Yonemura

富木 淳史† 戸田 知朗† 小林 岳彦†

Atsushi Tomiki Tomoaki Toda Takehiko Kobayashi

†東京電機大学 ワイヤレスシステム研究室

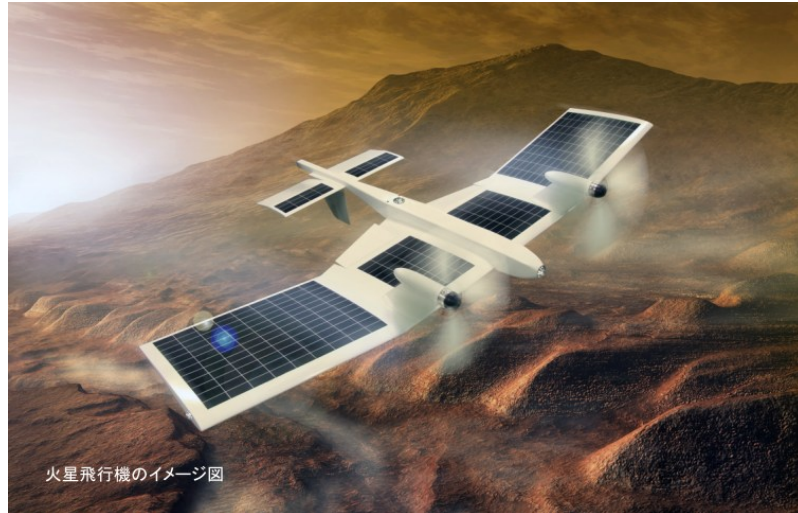
Wireless Systems Laboratory, Tokyo Denki University

†宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

研究背景

- 火星大気中を飛行して残留磁場, 大気のサンプリング, 露頭の詳細観測
- 航空機型の探査機
 - ローバとリモートセンシングの隙間を埋める
- 超小型, 超軽量(約3.5 kg)

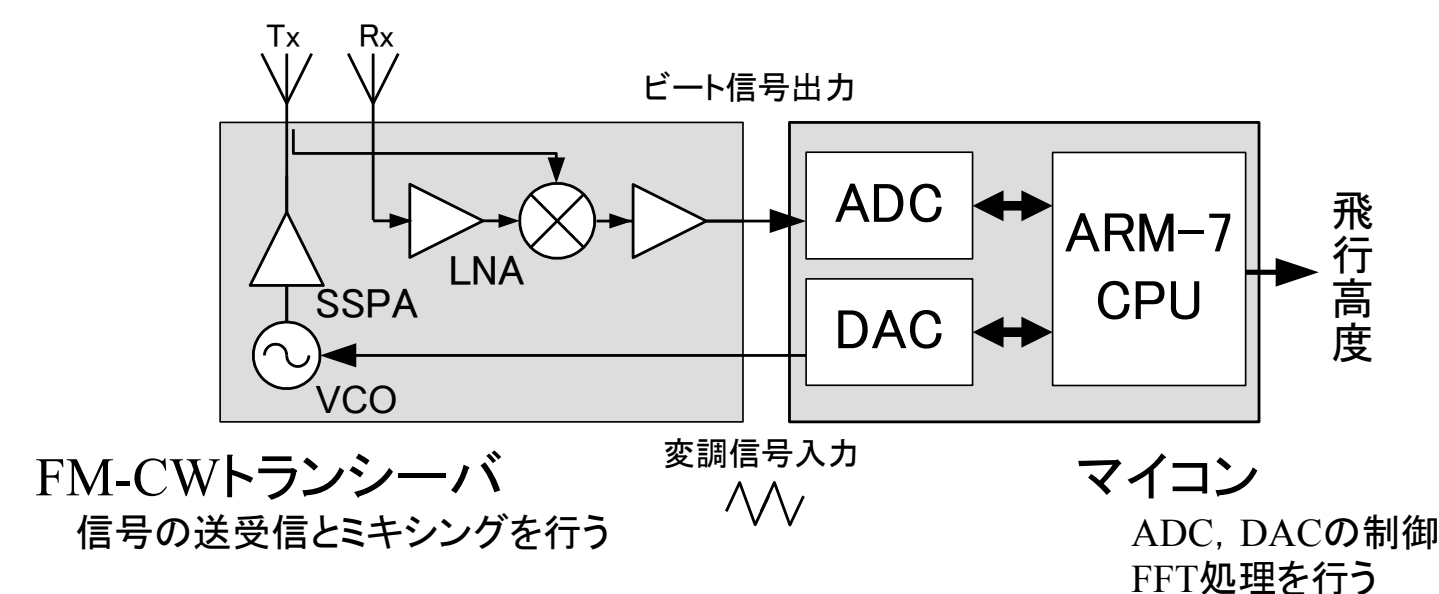


- 火星航空機に適用可能な高度計の開発が必要

1/9

要求仕様とシステム概要

重量	100 – 200 g
消費電力	1 W以下
高度分解能	10 m以下(観測中) 100 m以下(飛行中)
高度測定範囲	200 m – 10 km (1 – 3 kmを観測飛行)
更新レート	1 回 / 秒



2/9

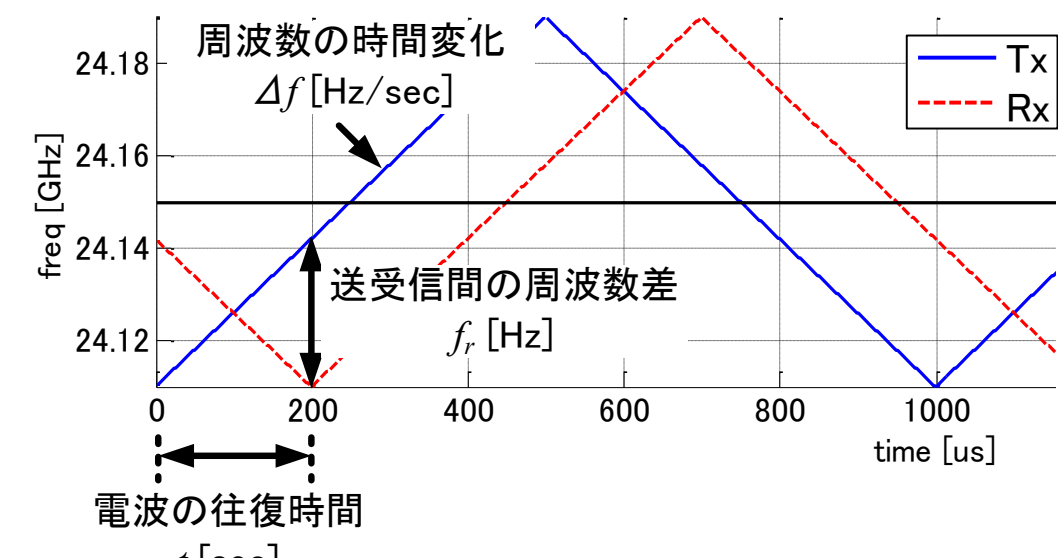
高度計の方式(1/2)

- 地球上の航空機等
 - GPS, パルスレーダ
- 惑星探査機
 - レーザ高度計, パルスレーダ
- 火星航空機特有の問題
 - GPSは存在しない → GPS使用不可
 - 低消費電力かつ超小型 → パルスレーダ・レーザ高度計使用不可

3/9

高度計の方式(2/2)

- FM-CWレーダ



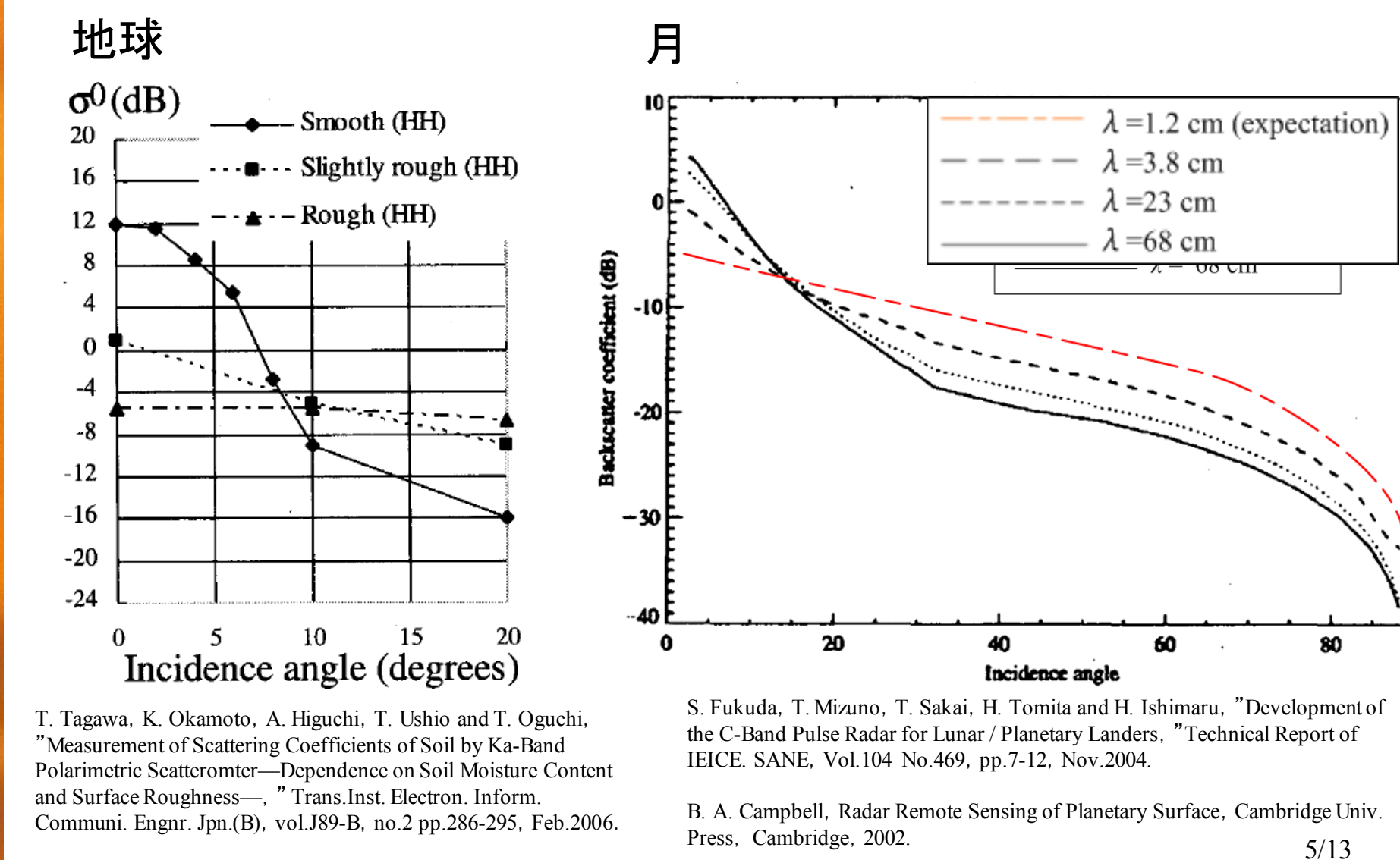
$$t = \frac{f_r}{\Delta f}$$
$$t = \frac{2R}{3 \times 10^8}$$
$$R = \frac{f_r}{\Delta f} \times \frac{3 \times 10^8}{2}$$

- 特徴
 - 小さな送信電力で高SNR
 - 送信回路が単純
 - 信号処理回路が容易に実現可能

4/9

理論検討(1/3)

正規化レーダ断面積(NRCS)のデータ

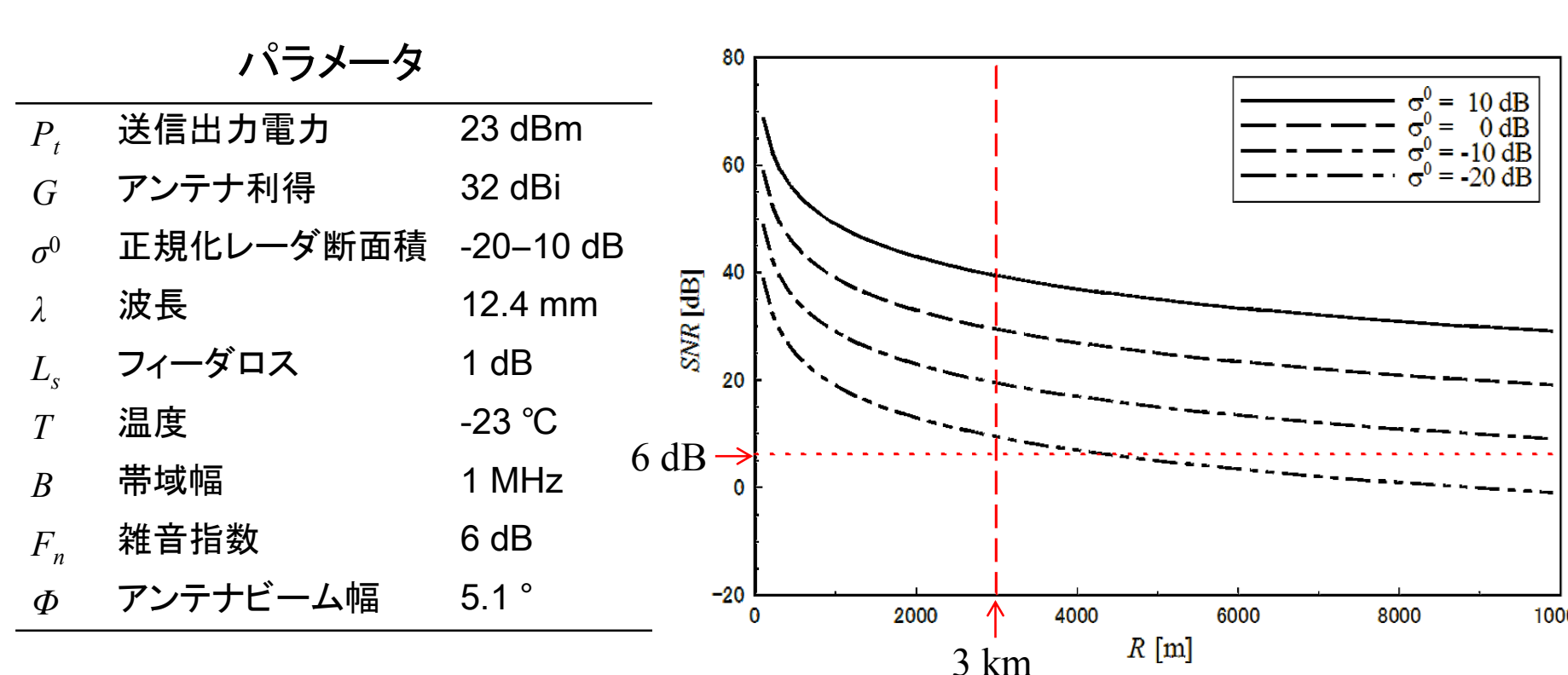


理論検討(2/3)

- 表面が粗くなるほど角度依存性は小さい
- 火星の表面はかなり粗いと予想される
 - 角度依存性はとても小さい
- 波長が短くなるほど入射角依存性は小さくなる
 - 24 GHz帯では更に小さくなると予想される
- 飛行機が傾いた場合にも有利である
- NRCSとして-20 – 10 dBを仮定

6/9

理論検討(3/3)

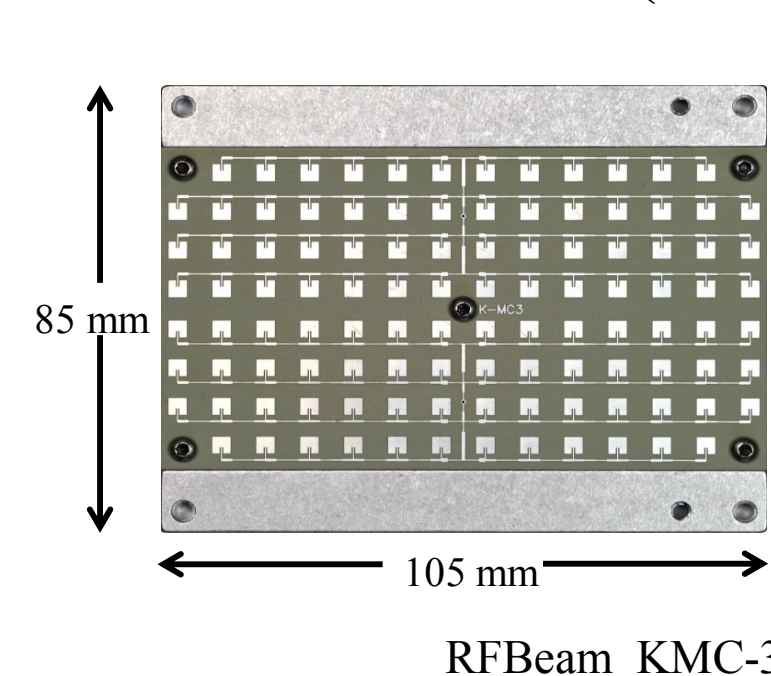


- 観測を行う高度で所望のSNR(6 dB)を満たす
- FM-CWレーダを火星航空機に適用可能

7/9

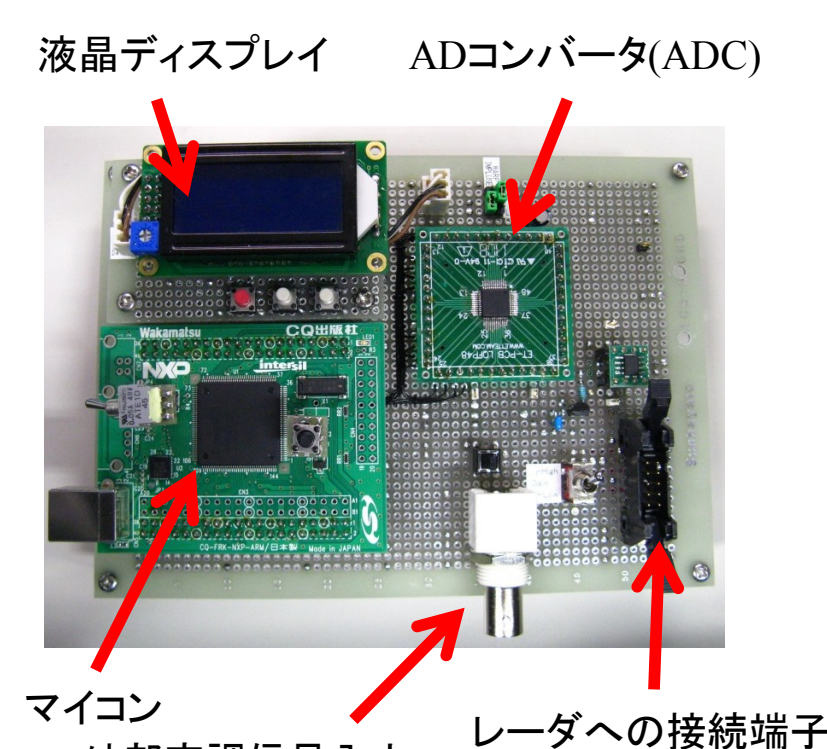
ハードウェアの実現性

レーダトランシーバ(市販)



- 中心周波数: 24.15 GHz
- 54エレメントマイクロストリップアレー
- アンテナ, トランシーバ一体型

制御回路



電源電圧	5 V
クロック周波数	72 MHz
サンプリング周波数	400 kHz
ADCのビット数	16 bit

8/9

まとめ

- 理論検討
 - 火星表面のNRCSを-20 – 10 dBと仮定
 - FM-CWレーダにより火星航空機用の高度計が実現可能
- ハードウェアの試作
 - 市販の部品を組み合わせたシステムを試作
 - 信号処理プログラムの開発が必要
- 飛行実験を計画中

9/9