

2001.7.17

SELENE-B搭載用 ミリ波高度計・速度計の提案

水野貴秀

SELENE-B着陸シーケンス案

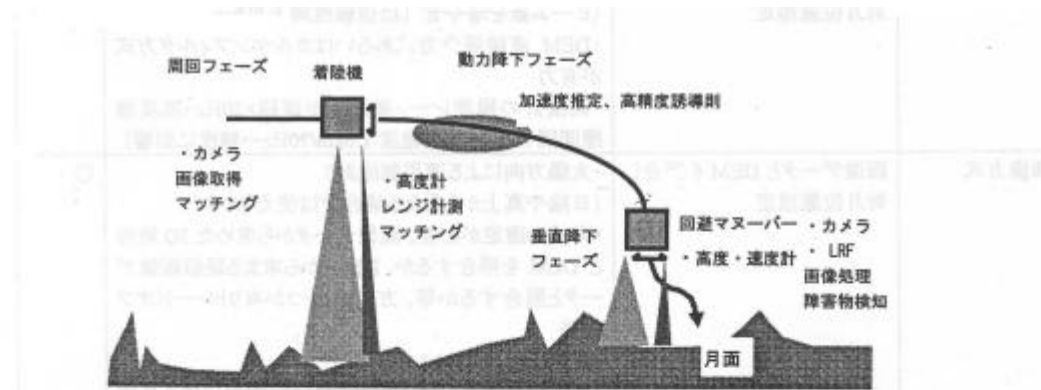


図 1-3-1 飛行シーケンス概略

表 1-3-1 航法誘導制御方式

	航法	誘導	制御
周回フェーズ (高度 50km × 50km)	軌道決定/伝搬+慣性航法+高度計+画像+恒星センサ(姿勢初期値)	VICO (Velocity Increment Cut-Off)	スラスタ制御
軌道離脱	慣性航法+高度計+画像	VICO	スラスタ制御
ホーマン移行 (50km×15km)	慣性航法+高度計+画像	—	スラスタ制御
動力降下 (15km~2km)	慣性航法+高度計+画像	準最適誘導(ダウンレンジ拘束)	スラスタ制御
垂直降下1 (2km~100m)	慣性航法+高度・速度計+画像	速度制御(垂直、水平) 粗回避誘導(水平最大100m移動)	スラスタ制御
垂直降下2 (100m~接地)	慣性航法+高度・速度計+LRF+画像	速度制御(垂直、水平)、ホバリング、精回避誘導(水平最大30m移動)	スラスタ制御

MUSES-C搭載用レーザ高度計

測距レンジ: 50m – 50km

分解能: $\pm 10\text{m}$ @50km

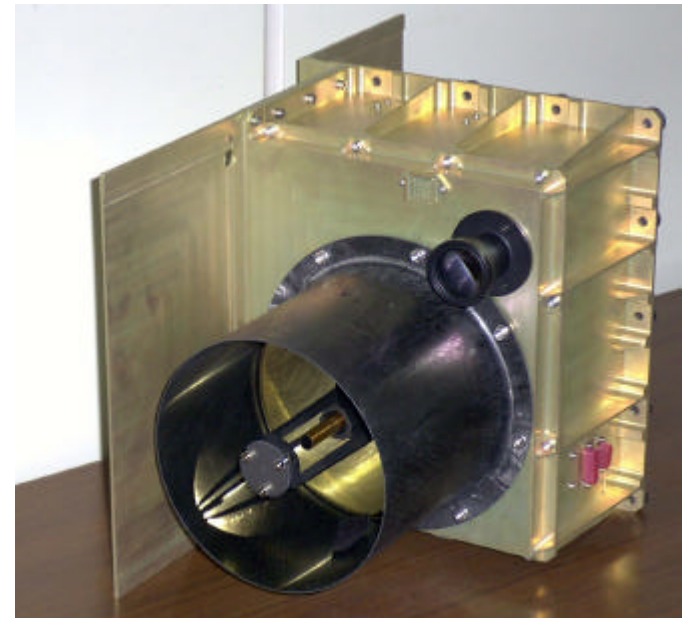
$\pm 1\text{m}$ @50m

繰り返し: 1pps

重量: 3.6kg

電力: 17.0W

レーザ: LD励起NdYAG



電波高度計に対する要求仕様

- 高度計測

 - 計測レンジ: 10m – 4km

 - 計測精度: 0.5m以下

- 速度計測

 - 計測レンジ: 0 – 200m/s

 - 計測精度: 0.2m/s以下

- 重量 電力: 6kg 45W

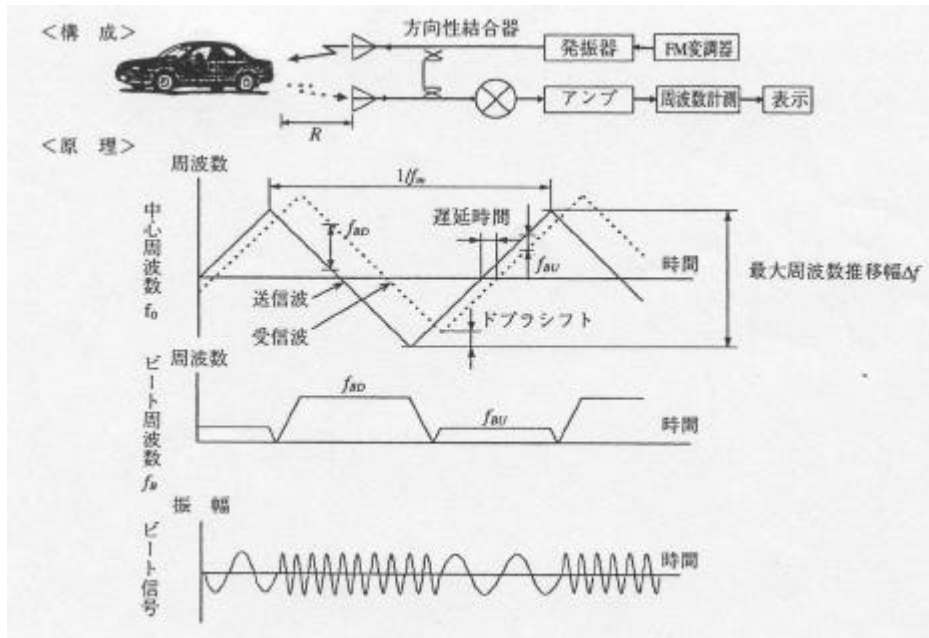
表3 最近の自動車レーダの報告例

発表年	発表メーカー名	周波数 (GHz)	TX出力 (mW)	レーダ方式	特徴
1990	Unive. de Lille	94	-	パルス	レンズ
	SMA	38.5	-	パルス	非コヒーレント
1991	Philips	76	10	FMCW	カセグレンアンテナ
1992	GEC-Plessey	76	20	FMCW	レンズ・マルチビーム
	富士通 富士通テン	60	3	FMCW	V型導波管アンテナ
	TRW	94	10	FMCW	1チップMMIC
	TEMIC DASA	76	-	パルス	コヒーレント
	Unive. München	61	-	スペクトラム拡散	PNコーディング
1993	Millitech	76	-	パルス FMCW	レンズ・マルチビーム
	DASA	76	-	FMCW	-
1994	Celsius Tech	76	-	FMCW	-
	日野	60	-	FMCW	NRDガイド
	Philips	76	-	-	周波数スキャン
1995	トヨタ 富士通 富士通テン	60	3	FMCW	平面アンテナ
	日産	60	-	パルス FMCW	NRDガイド
	Vorad	47, 76	-	2周波CW	モノパルスレーダ
	Raytheon	76	-	-	スキャンレーダ
	Delco	76	10	FMCW	メカニカルスキャン

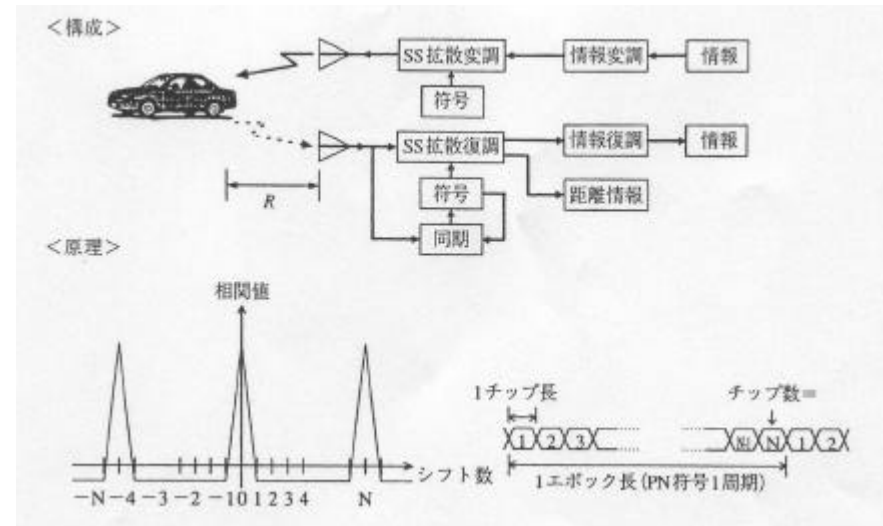
レーダ方式の原理と特徴

方式	パルス	FMCW	スペクトラム拡散
原理	RFパルスの伝搬時間により距離計測。	3角FM変調した送信波と受信波のビートにより速度と距離を計測。	PN符号によるコード変調（拡散変調）によりパルスを圧縮し、伝搬時間により距離計測。 ドップラーシフトにより速度計測。
特徴	1) マルチパスの影響が少ない。 2) 高速広帯域信号処理が必要。 3) 速度は距離の微分で演算	1) RFの構成が比較的簡単。 2) 速度極性の認識が不可能。 3) 数m以下の距離測定困難。	1) 電波妨害や干渉に強い。 2) マルチパスの影響が少ない。 3) 高速広帯域のデジタル処理が必要。

FMCW方式



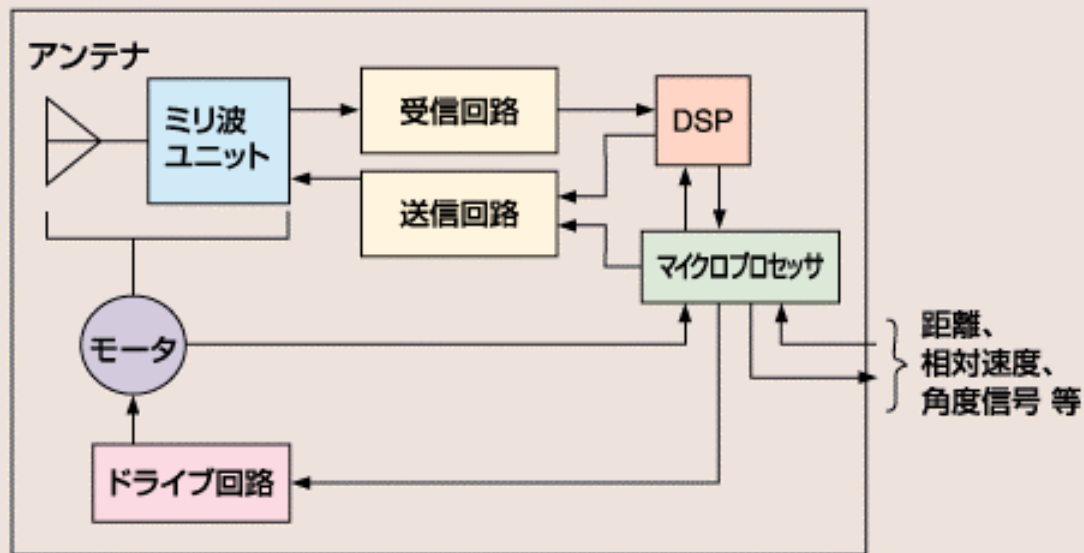
パルス圧縮方式



自動車用ミリ波レーダ例
(富士通テン)



■ミリ波レーダ ブロックダイアグラム



電源電圧/消費電流	DC12V/1.2A以下
送信周波数	76~77GHz
レーダ方式	FMCW方式
検知距離	120m以上(乗用車)
相対速度	±200km/h
スキャン角度	16°(±8°)
スキャン方式	メカニカルスキャン方式
データレート	100m sec
サイズ	106(W)×88(H)×90(D)mm
質量	600g

レーダ方式・周波数の選択

パルス圧縮レーダ

- マルチパスに強い
- 長距離の計測にも向いている
- 送信アンプの出力が低い場合でも、パルス圧縮でS/Nを稼げる

X帯

- 装置の小型化を考えて高周波化
- 数十Wの出力を持つGaAs FETがある

低歪入出力内部整合型高出力 GaAs FET

■ 低歪入出力内部整合型高出力 GaAs FET (続き)

品名	帯域	シリーズ	3次相互変調歪 IM ₃ (dBc)	利得平坦度 ΔG max (dB)	1 dB 利得圧縮時の出力電力 P _{1dB} (dBm)	1 dB 利得圧縮時の利得 G _{1dB} (dB)	電力付加効率 η _{add} (%)	測定条件			熱抵抗 R _{th} (°C/W)	外形	特長・用途			
								周波数 f (GHz)	ドレインソース間電圧 V _{DS} (V)	ドレイン電流 I _{DS} (mA)						
FLM5972-8F	C	FLM	-45	±0.6	39.0	8.5	31	5.9 ~ 7.2	10	2200	3.0	IB	高出力増幅器 ・50Ωに内部整合 ・外部回路不要 ・各々の使用周波数に最適に設計			
FLM6472-4F					36.5	9.5	36				6.4 ~ 7.2			1100	5	
FLM6472-6F					38.5		37							1625	4	IB
FLM6472-8F					39.5		36							2200	3	
FLM6472-12F					41.5		37							3250	2.3	
FLM6472-18F					43		38							4875	1.6	IK
FLM6472-25F			44.5		6500	1.4										
FLM7179-4F			-46		36.5	9	35	7.1 ~ 7.9		1100	5	IB				
FLM7179-6F					38.5	34	1625			4						
FLM7179-8F					39.5	35	2200			3						
FLM7179-12F					41.5	38	3250			2.3	IK					
FLM7179-18F					42.5	8	4875			1.6						
FLM7185-6F					-45	38.0	8			30	7.1 ~ 8.5			1625	4	IB
FLM7185-12F			41.0			30	3500	2.3		IK						
FLM7785-4F			-46		36.5	8.5	35	7.7 ~ 8.5			1100	5		IB		
FLM7785-6F					38.5		31			1750	4					
FLM7785-8F					39.5		34			2200	3					
FLM7785-12F					41.5		34			3500	2.3	IK				

(注意) T_c = +25 °C

特性はすべて標準値で示してあります。

主要パラメータ

- チップレート: 50MHz
分解能0.3m程度
パルス幅1.3 μ s チップ数64
- 最小受信レベル: -87dBm
NF \cdot kTB = -84dBm (B=100MHz, NF=10dB)
所用S/N = 15dB
パルス圧縮利得 = 18dB (64)
- 受信周波数をFFT処理してドップラー検出
- 周波数: 7GHz
- 送信出力: 44.5dBm
- 送信アンテナ利得: 20dBi (ビーム幅約15°)
- 送信ビーム: 3本 30°傾斜

今後の課題

- パルス幅、チップレートの最適化
近距離側で送信・受信波が重なる
- PN符号相関処理、PLL回路の詳細検討
- 月面後方散乱係数
- X帯アンテナの軽量化
- RF系、信号処理系の重量見積もり