秋田研究室

研究室公開：
11/20（日）11:00 - 17:00
場所：西8号館 611室

秋田研究室メンバー

教員



秋田　学

学生



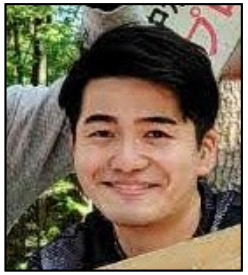
（M2）西本智哉



（M2）重光立宇



（M2）若松幸世



（M1）北風広匡



（M1）森田大夢



（M1）三好啓介



（B4）綾田大輝



（B4）菅野陽斗

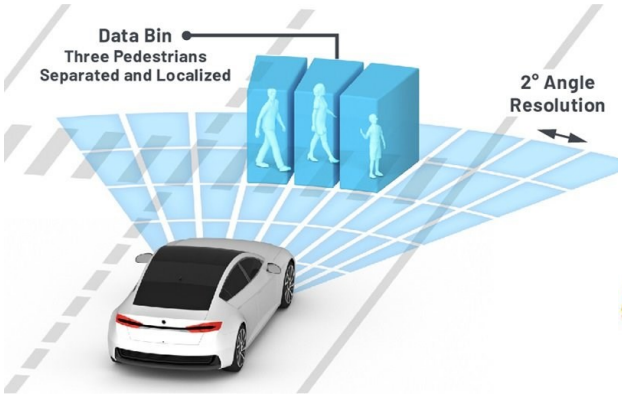


（B4）伊東隼人

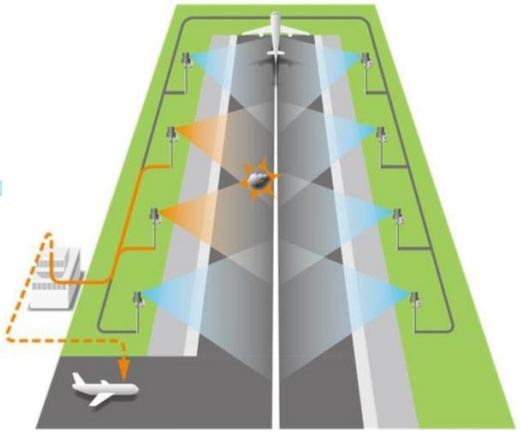
レーダ

電波センシング(いわゆるレーダ)とは電波を送受信し目標の位置・速度を計測するセンサです。レーダは「変復調技術」「不要波抑圧」「目標認識技術」などから構成され，当研究室ではそれらの基盤技術研究を推進しています。

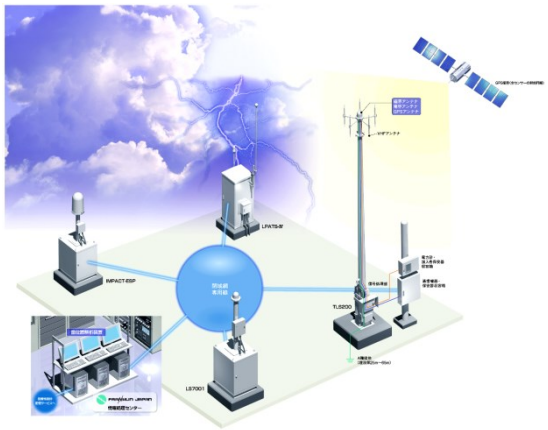
安全運転支援や自動運転を実現する車載レーダや滑走路等の異物検知，鉄道安全監視装置，自然科学観測等への各種応用を想定して研究を進めています。



車載前方監視レーダイメージ[1]



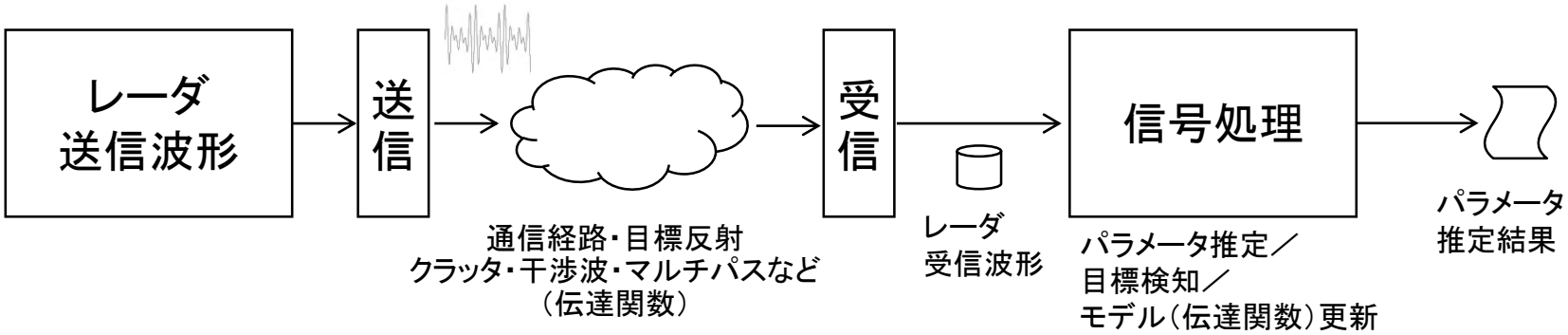
空港面異物検知システム応用イメージ[2]



雷レーダ（パッシブ）イメージ[3]

1. EDN Japan ，ADASから自動運転へ —— レーダーの性能は十分なのか？，2020/8/13より引用
2. 日立国際電気株式会社，マレーシア空港で滑走路面異物検知システムの実証試験運用を開始，2019/5/10より引用
3. Franklin Japan, JLDNについて（検知から位置標定の流れ）より引用

レーダ



レーダに求められる性能

① 探知距離（遠くまで見える）

② 精度（距離・速度などが正確に測れる）

レーダがもともと持っている特長

- 耐候性（悪天候，逆光，粉塵），物質透過性

探知距離

ミリ波レーダ　⇒　送信(していい)電力が小さい(電波法)

LED電球の消費電力	携帯電話の送信電力	**ミリ波レーダの送信電力**
10W	1W	**0.01W**



≫



≫

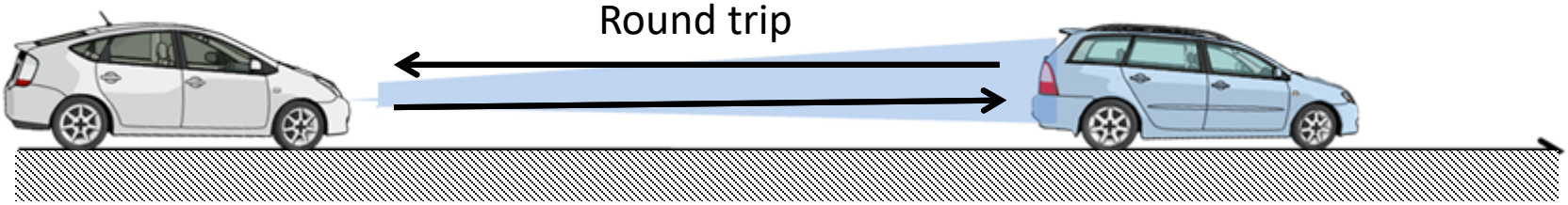


超微弱信号の検出法の研究・開発が必要

探知距離

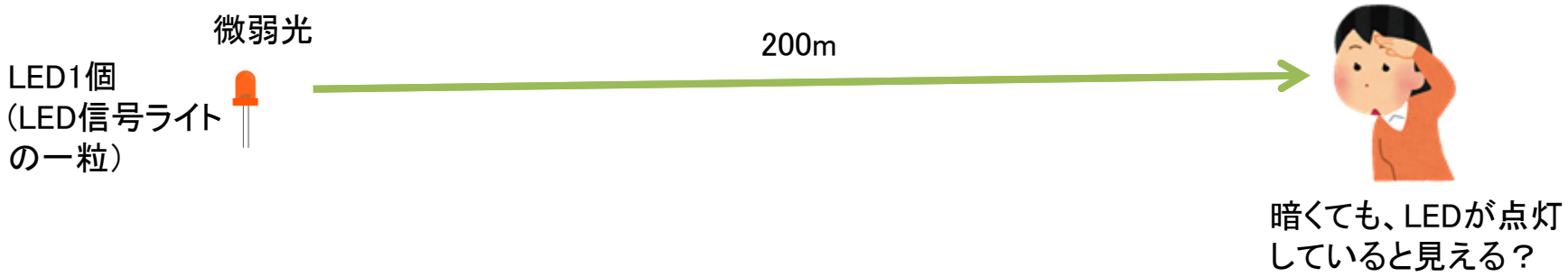
ミリ波レーダ　⇒　送信電波は空間に広がるため、往復の間に信号が大きく減衰する

目標(200m)反射の受信電力はさらに9桁（1/10億）も減衰
⇒超微弱信号の検出が必要

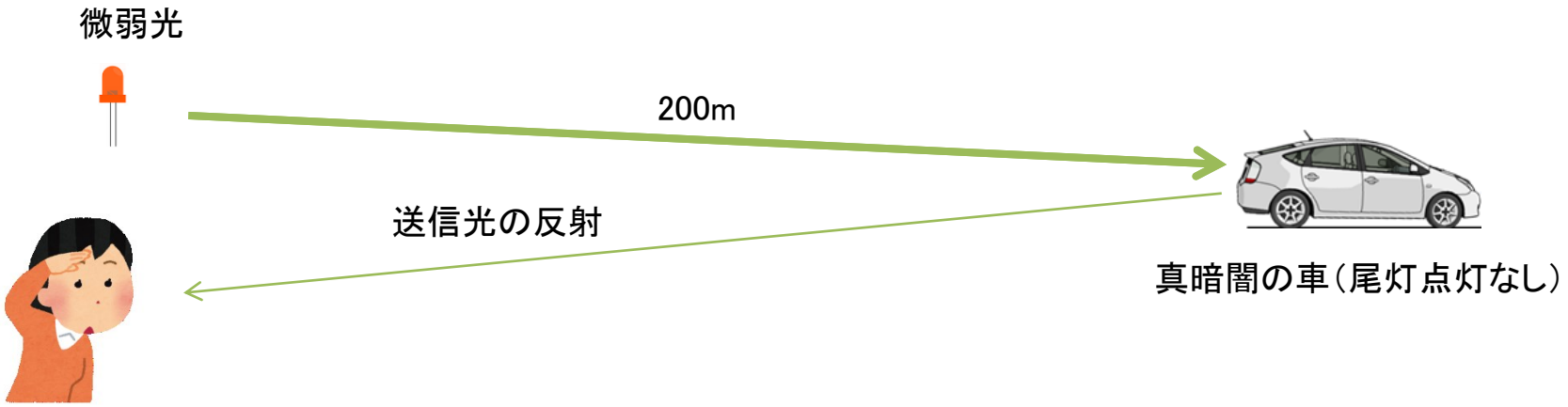


Round Tripによる超微弱信号検知のイメージ

□通信（1way）

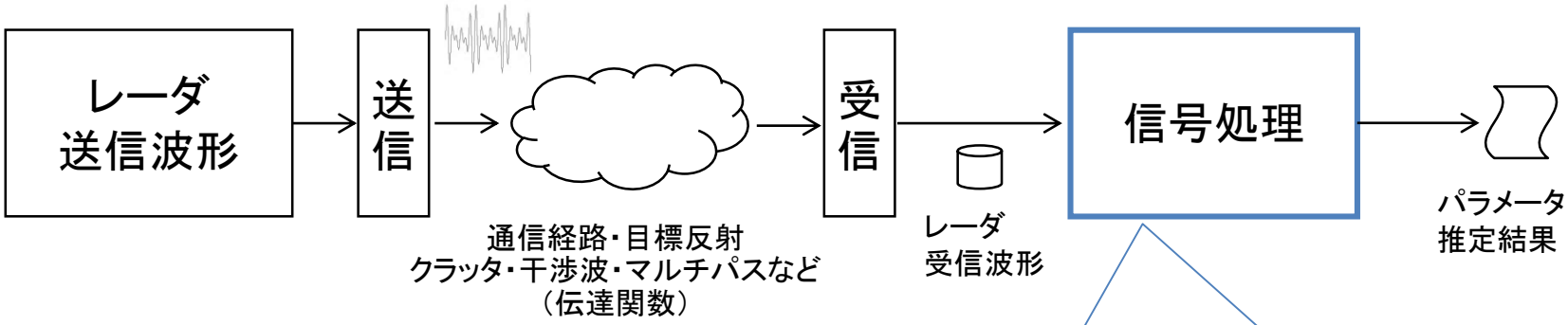


□レーダ（2way）



太陽の光の反射で車を見る、あるいは車のライトを見るのでなく、微弱光の反射を見る（ほとんど見えない？！）

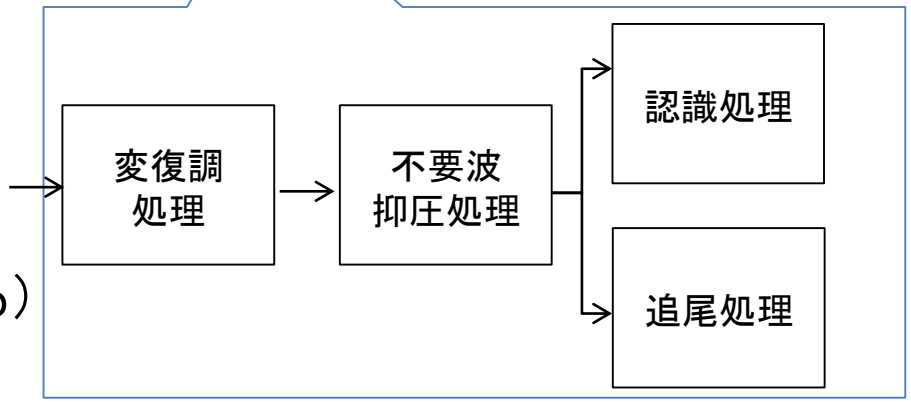
探知距離

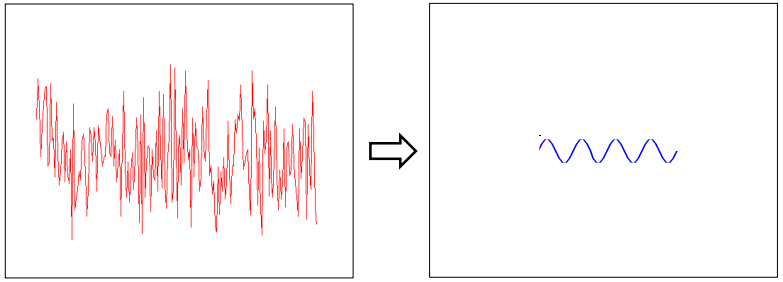


レーダに求められる性能

① 探知距離（遠くまで見える）

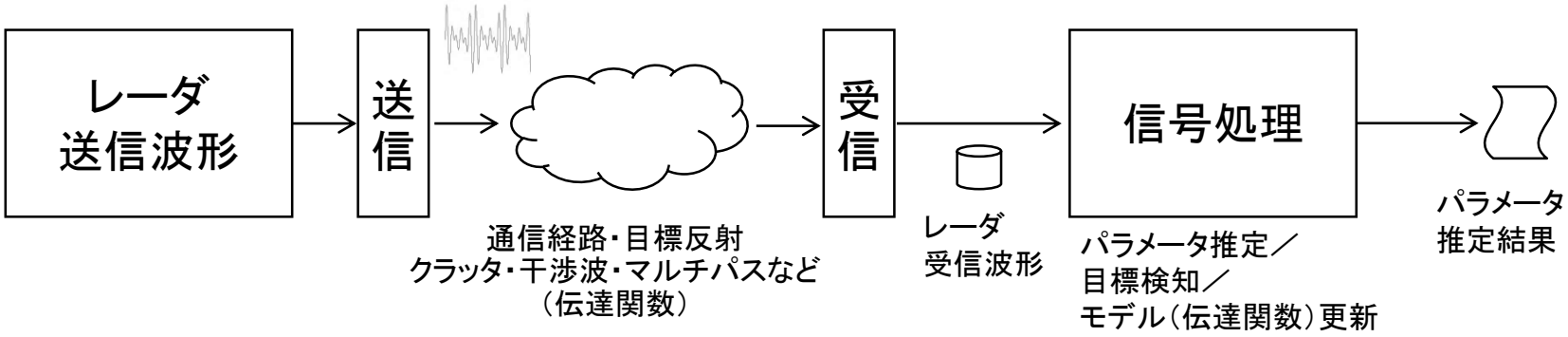
② 精度（距離・速度などが正確に測れる）





レーダ受信波形　　雑音に埋もれている信号を取り出す処理

精度

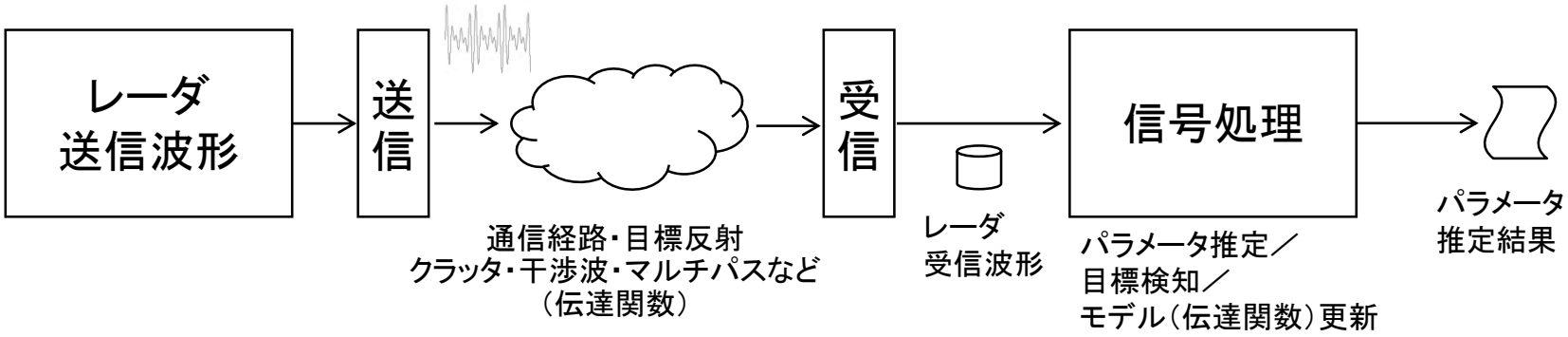


レーダに求められる性能

① 探知距離（遠くまで見える）

② 精度（距離・速度などが正確に測れる）

精度



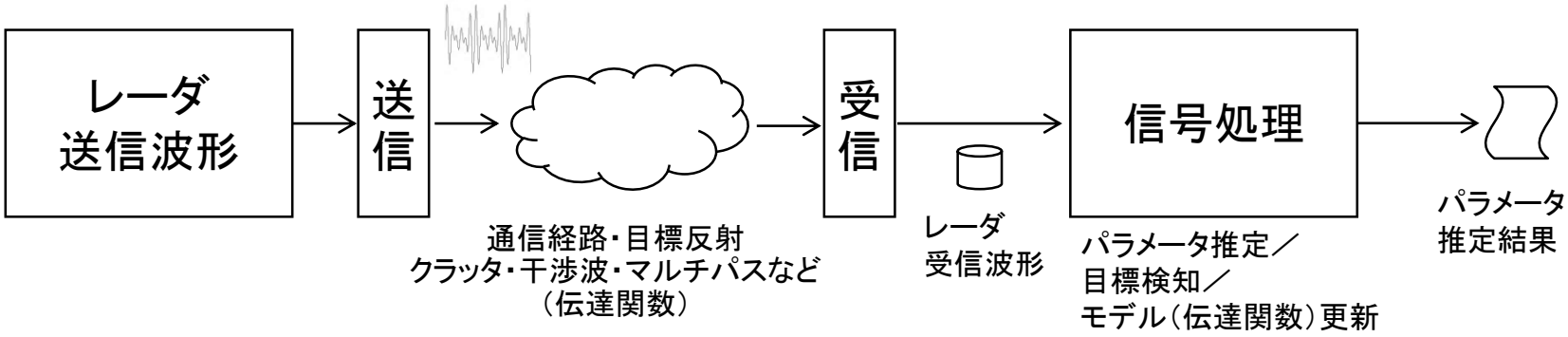
精度の理論限界

$$Var(\hat{\theta}) \geq I(\theta)^{-1}$$

信号のモデルできまる

クラメール・ラオの下界（フィッシャー情報量の逆数）
事前確率が一様分布のとき，どんなに信号処理で頑張ろうが，精度はこれ以上に上がらない
これは信号のモデル（レーダ受信波形を模した数式）で決まる。
信号処理の役割は，いかに，低い計算負荷で，この性能限界に近づけるか

精度



精度の理論限界

$$Var(\hat{\theta}) \geq I(\theta)^{-1}$$

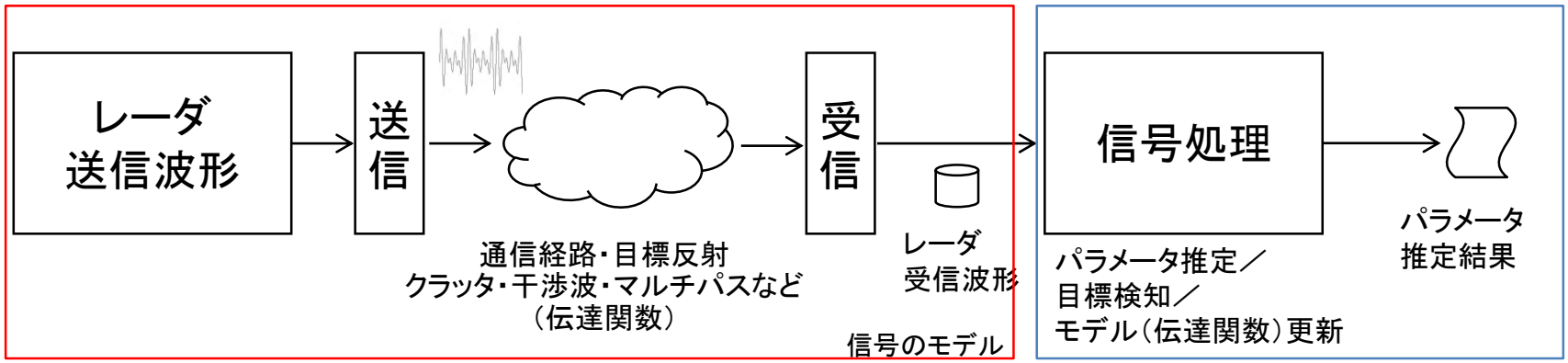
信号のモデルできまる

え，精度って計算の仕方でいくらでも高められるんじゃないの？

⇒NO！

クラメール・ラオの下界（フィッシャー情報量の逆数）
事前確率が一様分布のとき，どんなに信号処理で頑張ろうが，精度はこれ以上に上がらない
これは信号のモデル（レーダ受信波形を模した数式）で決まる。
信号処理の役割は，いかに，低い計算負荷で，この性能限界に近づけるか

精度



- 波形設計（送信側）　限られたリソース（送信電力，帯域幅，観測時間）の範囲内で最も探知距離と性能の限界を上げる

- 信号処理（受信側）　できるだけ少ない計算負荷で雑音に埋もれる信号を抽出し，性能の限界に近づける

（余談）限界を超える？

事前確率が一様ではないとき＝計測前に何かしらの目標に関する事前知識をもっている

事前知識の例

- ターゲットはだいたい〇m～〇mの範囲内にいる
- ターゲットは（歩行者や自動車でなく）自転車である。
- 昨日同じ実験を行ったら，距離〇m，速度〇km/hだった
- 経験的にターゲット（例えば歩行者）の速度は，20km/hを超えない
- ターゲットの数はそんなに多くない

事前知識の恩恵

事前知識が正しい場合，精度が向上する
（小規模な装置でも大規模な装置を使ったときと同じくらいの精度が得られる）

事前知識の弊害

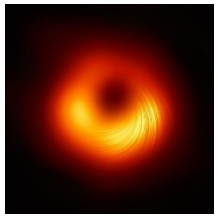
誤った事前知識は，間違った結果を誘発する
（結果は少なからず事前知識に引っ張られる）

(余談)限界を超える？

事前確率が一様ではないとき＝計測前に何かしらの目標に関する事前知識をもっている

事前知識の例

- ターゲットはだいたい〇m～〇mの範囲内にいる
- ターゲットは(歩行者や自動車でなく)自転車である。
- 昨日同じ実験を行ったら，距離〇m，速度〇km/hだった
- 経験的にターゲット(例えば歩行者)の速度は，20km/hを超えない
- ターゲットの数はそんなに多くない ⇨ 圧縮センシング



ブラックホール画像

事前知識の恩恵

事前知識が正しい場合，精度が向上する
(小規模な装置でも大規模な装置を使ったときと同じくらいの精度が得られる)

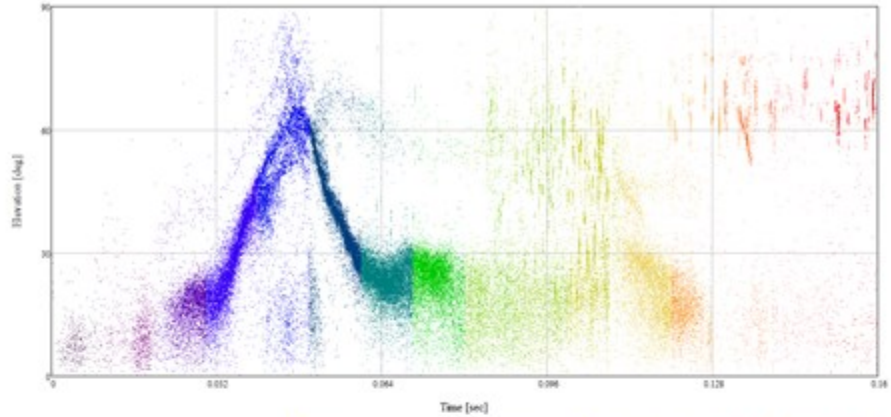
事前知識の弊害

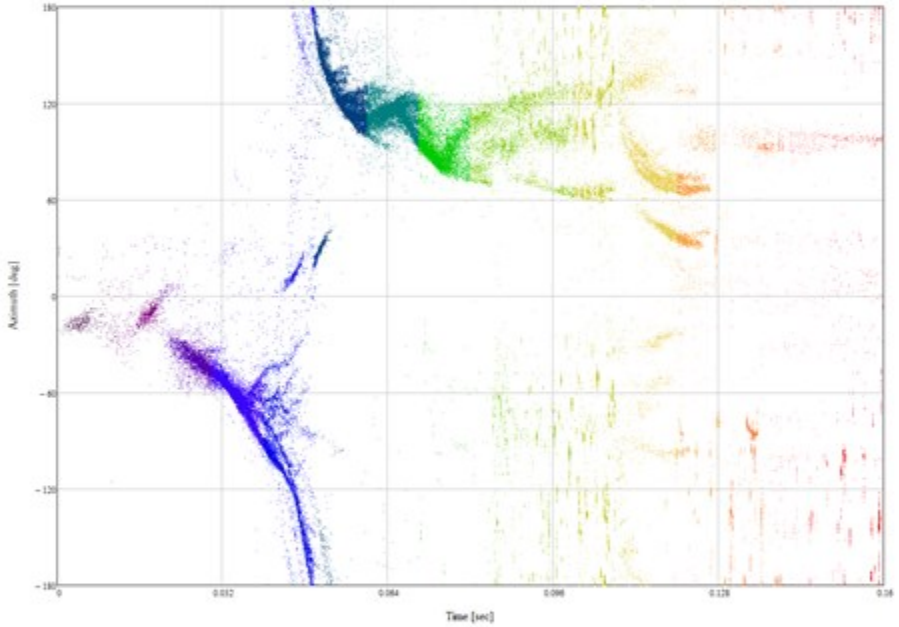
誤った事前知識は，間違った結果を誘発する
(結果は少なからず事前知識に引っ張られる)

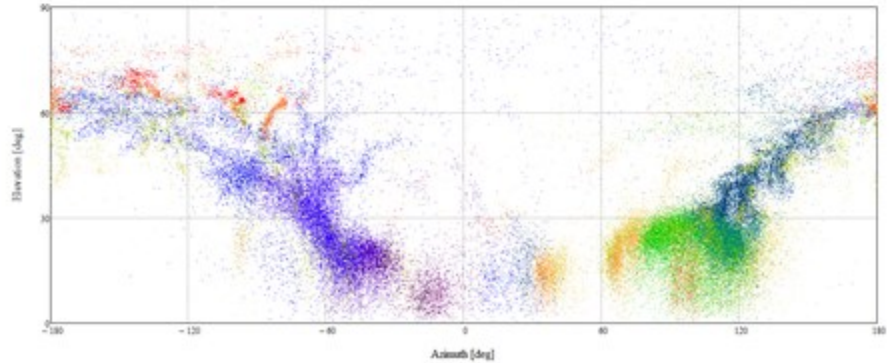
科学観測などピュア(偏見なく)な観測が必要なものには不適？

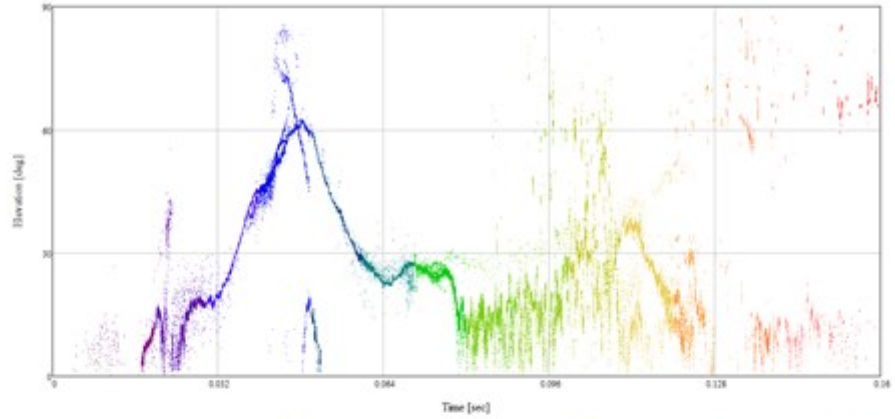
ただ，我々は絶対に普段の生活で事前知識を使いながら生活している

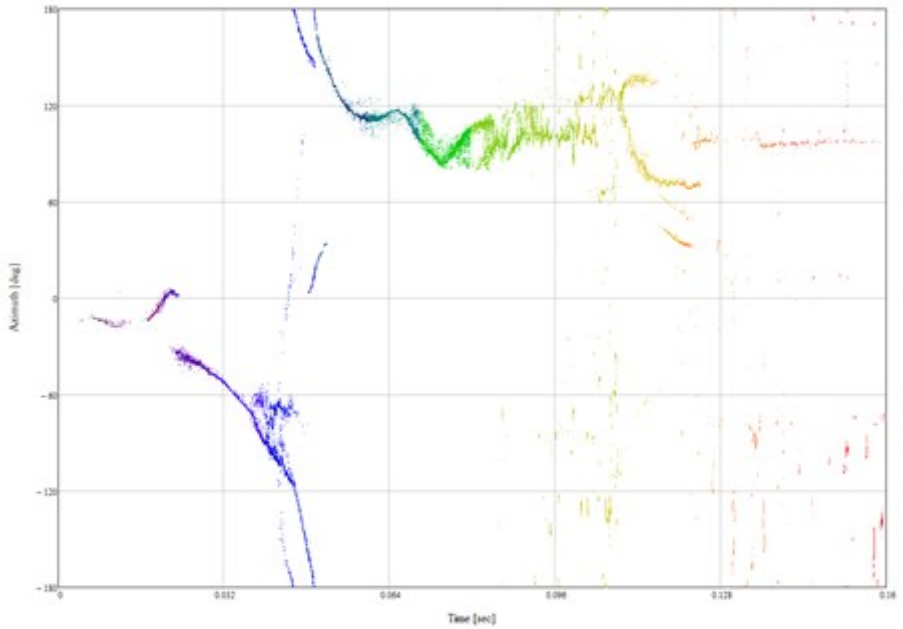
(⇒うまく研究に取り込みたい)

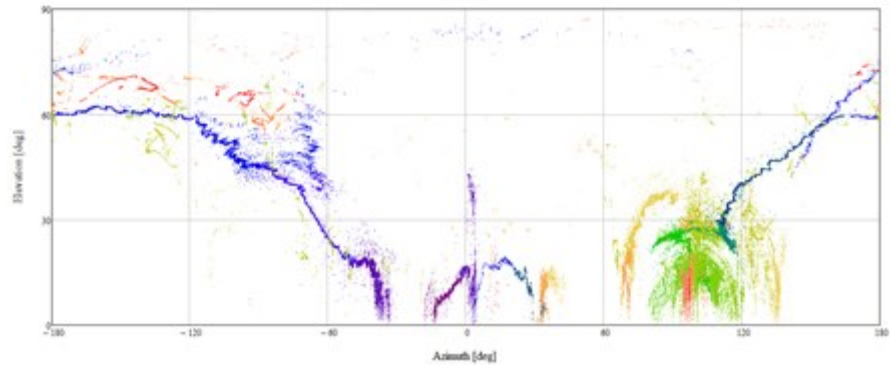

Elevation [deg]
Time [sec]


Azimuth [deg]
Time [sec]


Elevation [deg]
Azimuth [deg]


Elevation [deg]
Time [sec]


Azimuth [deg]
Time [sec]


Elevation [deg]
Azimuth [deg]

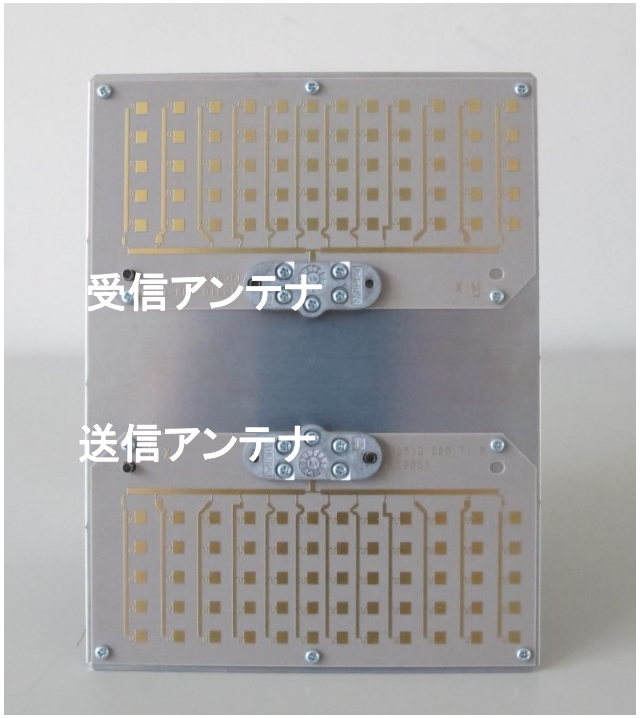
本日紹介するレーダ

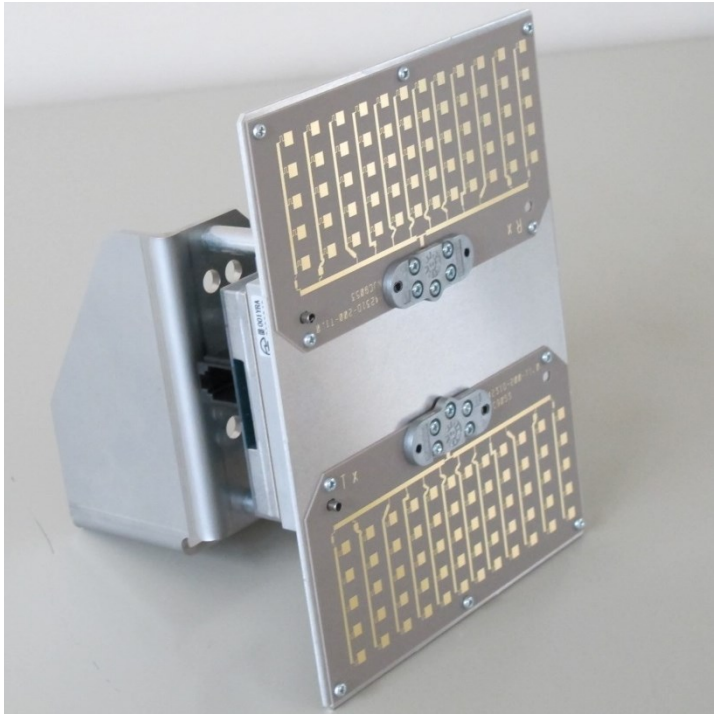
距離推定	レーダ方式の名前	
時間差方式	パルス方式	
	パルス圧縮方式	
周波数差方式	FMCW方式	
位相差方式	2周波CW方式	
	2周波パルス方式	
	多周波CW方式	
	多周波ステップ方式	電通大 稲葉・秋田研 独自方式
	多周波パルス圧縮方式	
	超広帯域多周波ステップ方式	
	離隔周波数合成方式	

本日紹介するレーダ

距離推定	レーダ方式の名前	
時間差方式	パルス方式	
	パルス圧縮方式	
周波数差方式	FMCW方式	
位相差方式	2周波CW方式	⇐独自方式の基本方式
	2周波パルス方式	
	多周波CW方式	
	多周波ステップ方式	電通大 稲葉・秋田研 独自方式
	多周波パルス圧縮方式	
	超広帯域多周波ステップ方式	
	離隔周波数合成方式	

2周波CWレーダデモ実験

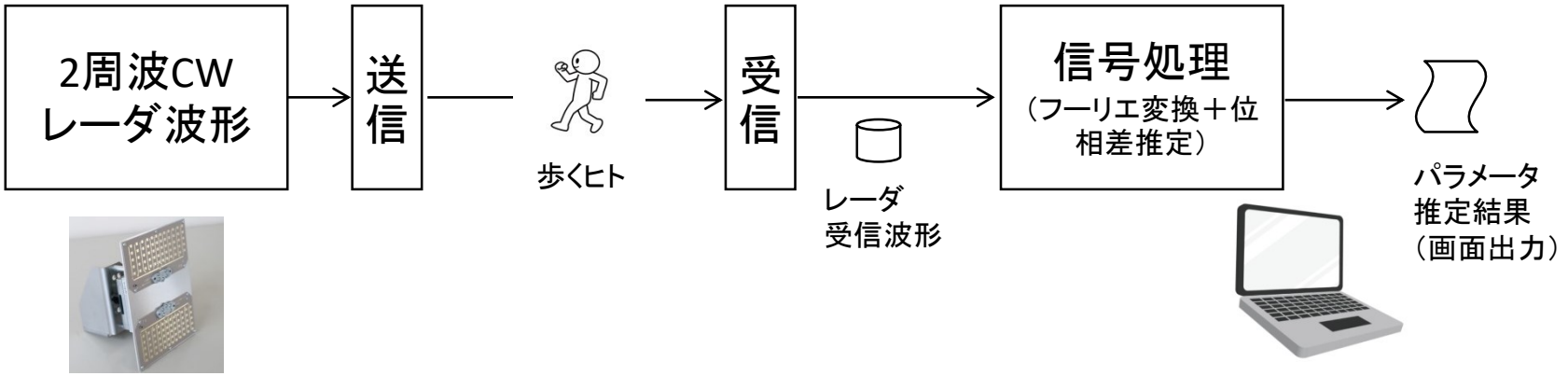




NJR4232（新日本無線）

小型ながら人物の動きを検知できる.

2周波CWレーダデモ実験



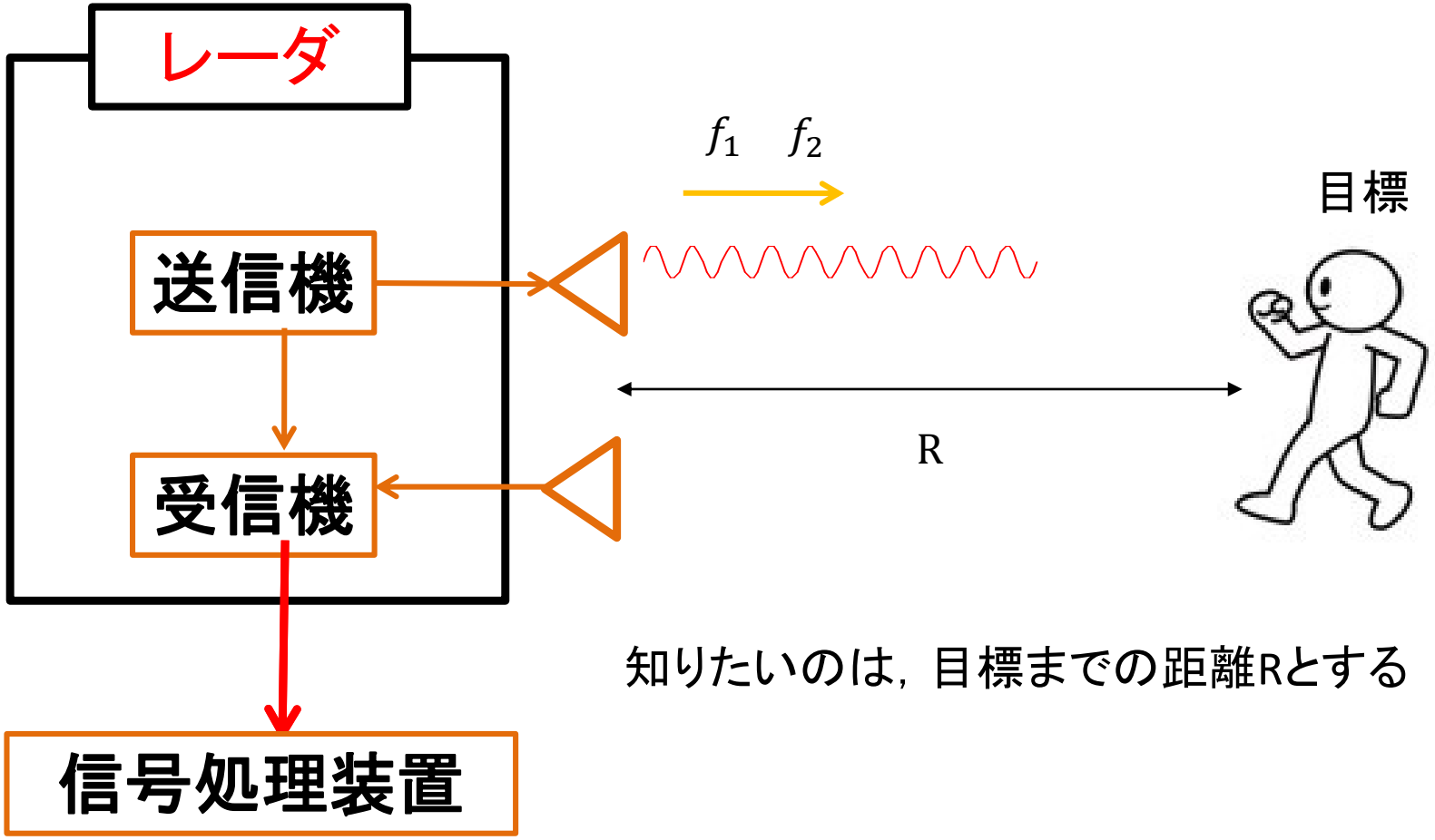
距離をどのようにして検知するのか？

目標までの「時間差」,「周波数差」,「位相差」で距離を検知する

2周波CWレーダは「位相差」で距離を検知する

位相差を使うレーダ

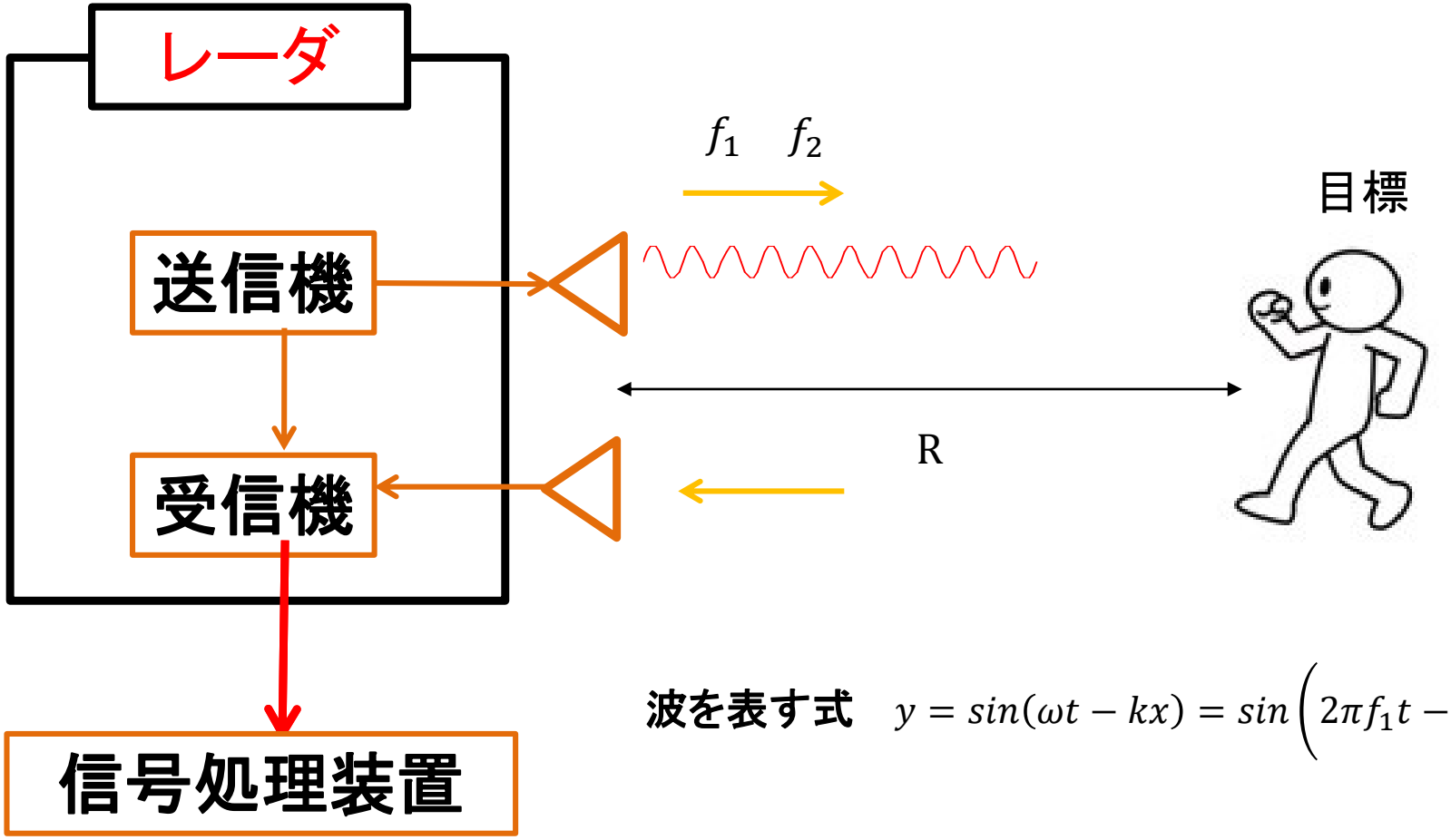
レーダでは、目標からの反射波の位相差を観測することで目標の速度を検出する。



知りたいのは，目標までの距離Rとする

位相差を使うレーダ

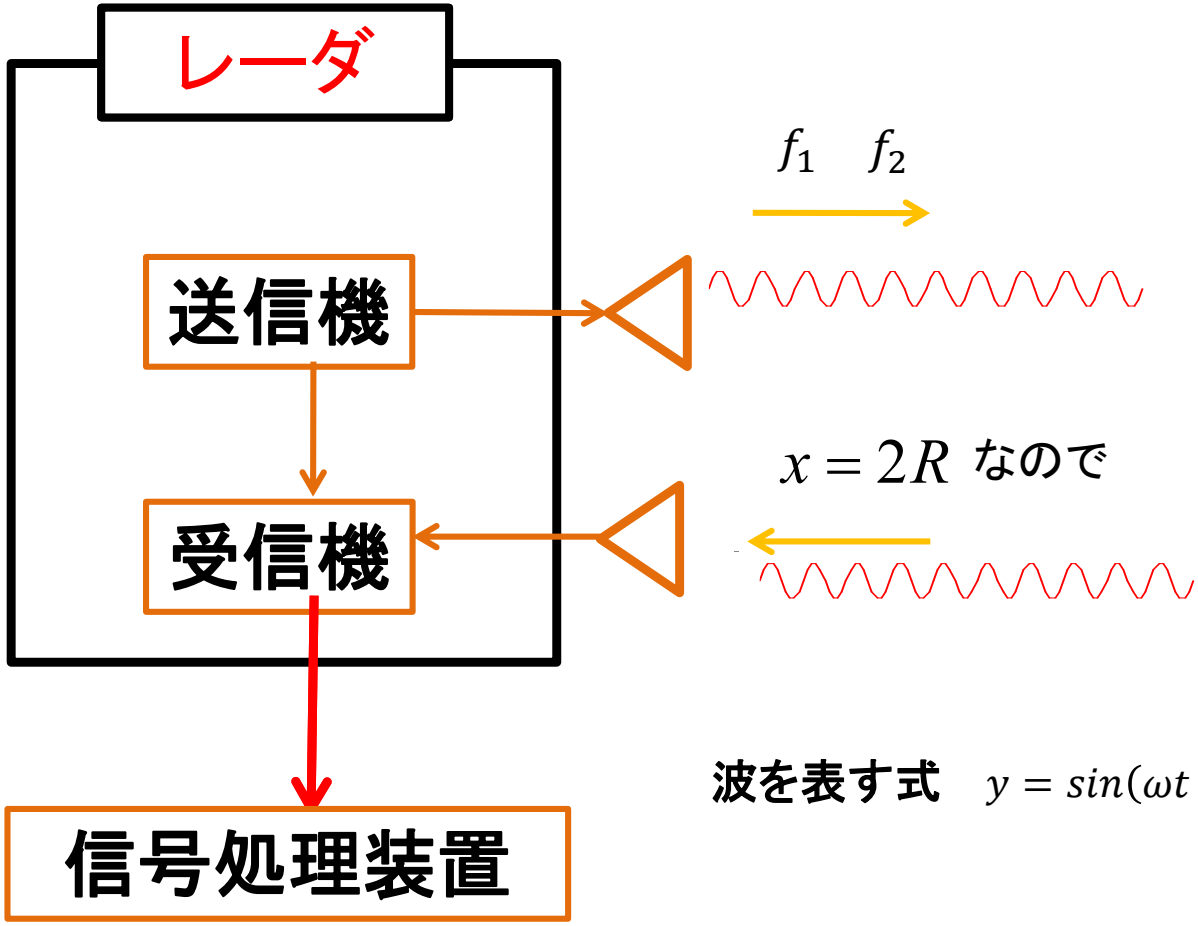
レーダでは、目標からの反射波の位相差を観測することで目標の速度を検出する。



波を表す式 $y = sin(\omega t - kx) = sin\left(2\pi f_1 t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$

位相差を使うレーダ

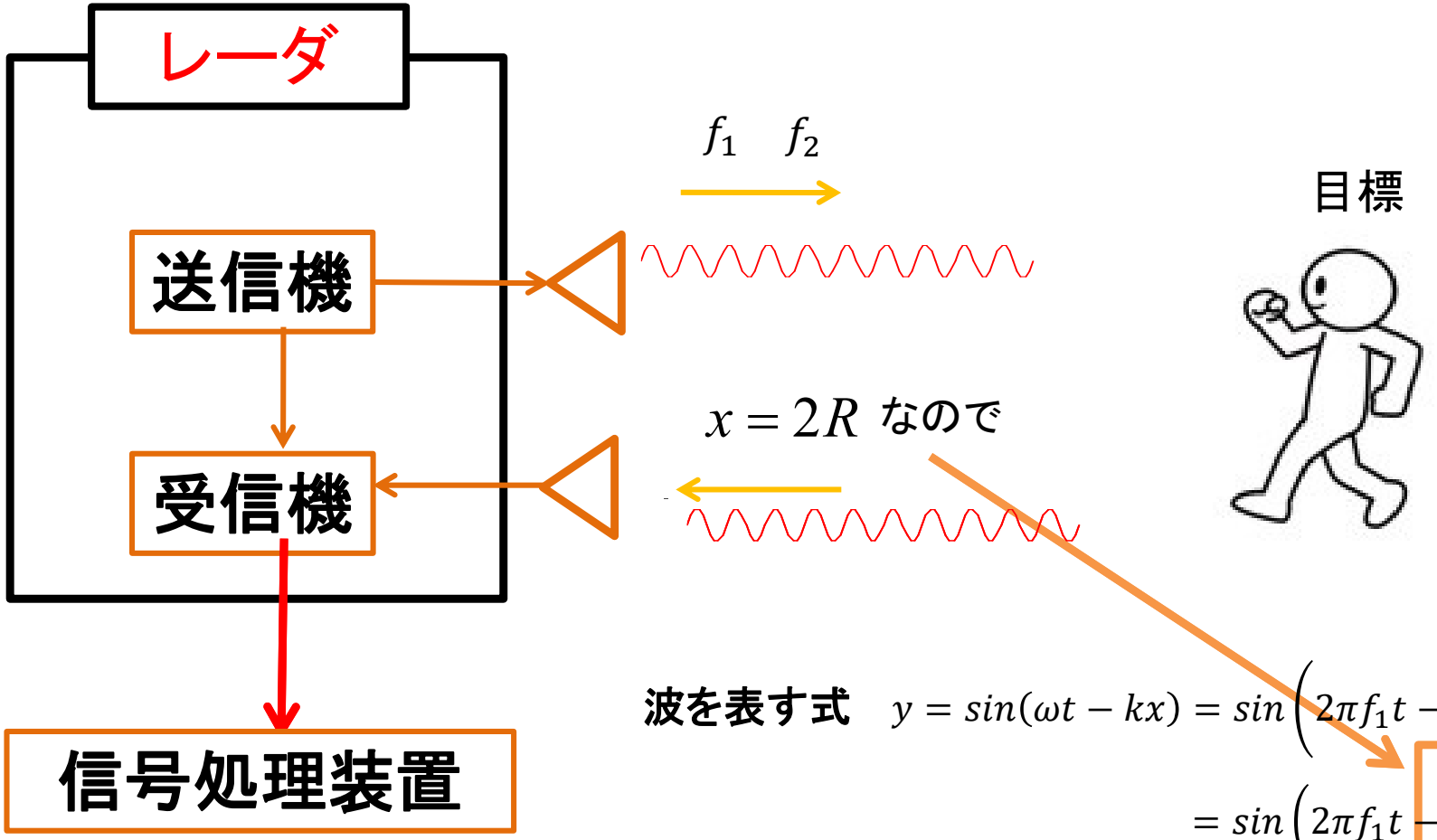
レーダでは、目標からの反射波の位相差を観測することで目標の速度を検出する。



波を表す式 $y = sin(\omega t - kx) = sin\left(2\pi f_1 t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$

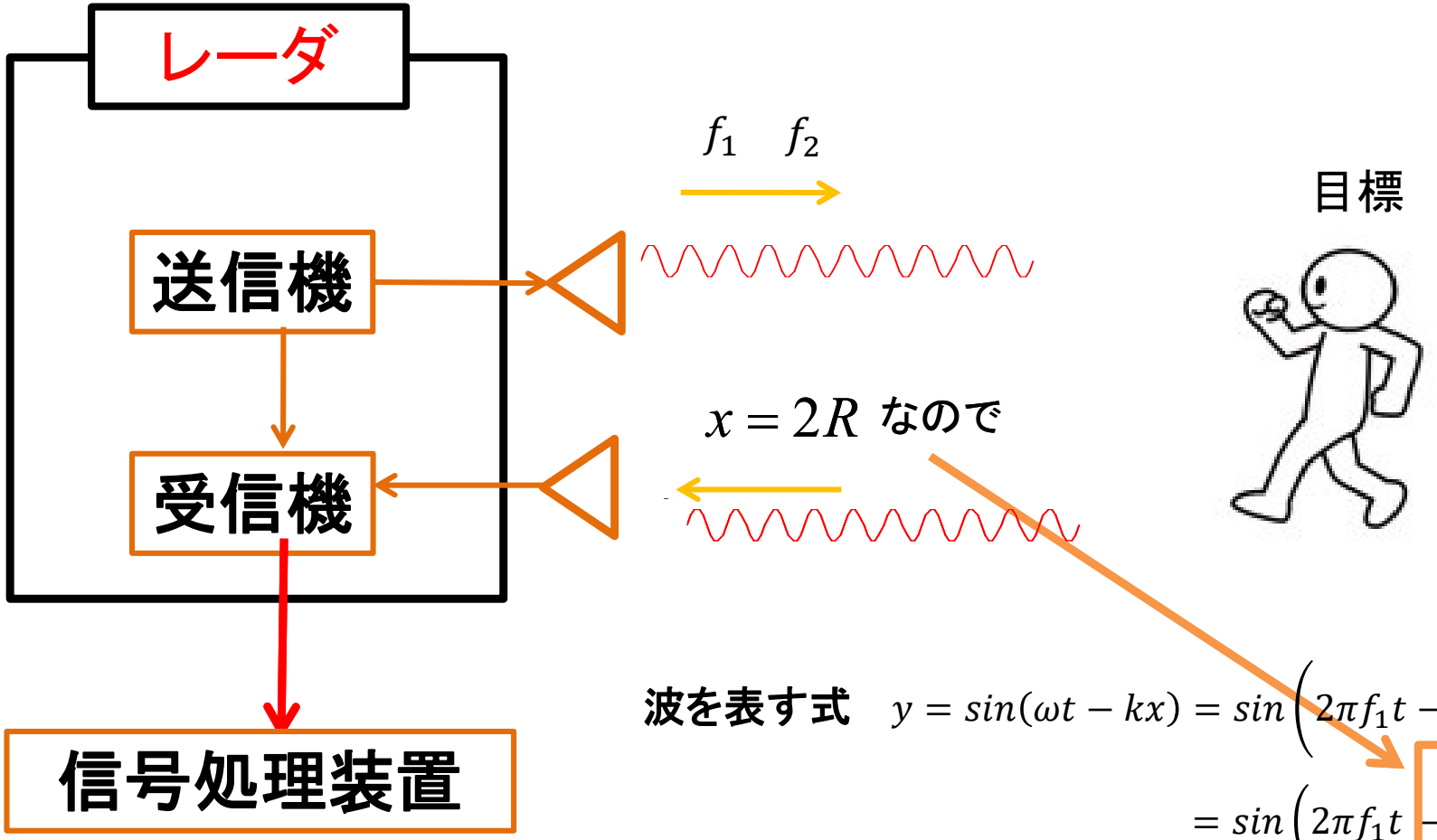
位相差を使うレーダ

レーダでは、目標からの反射波の位相差を観測することで目標の速度を検出する。



位相差を使うレーダ

レーダでは、目標からの反射波の位相差を観測することで目標の速度を検出する。



波を表す式 $y = sin(\omega t - kx) = sin\left(2\pi f_1 t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)$

$= sin\left(2\pi f_1 t - \frac{4\pi}{\lambda} R\right)$

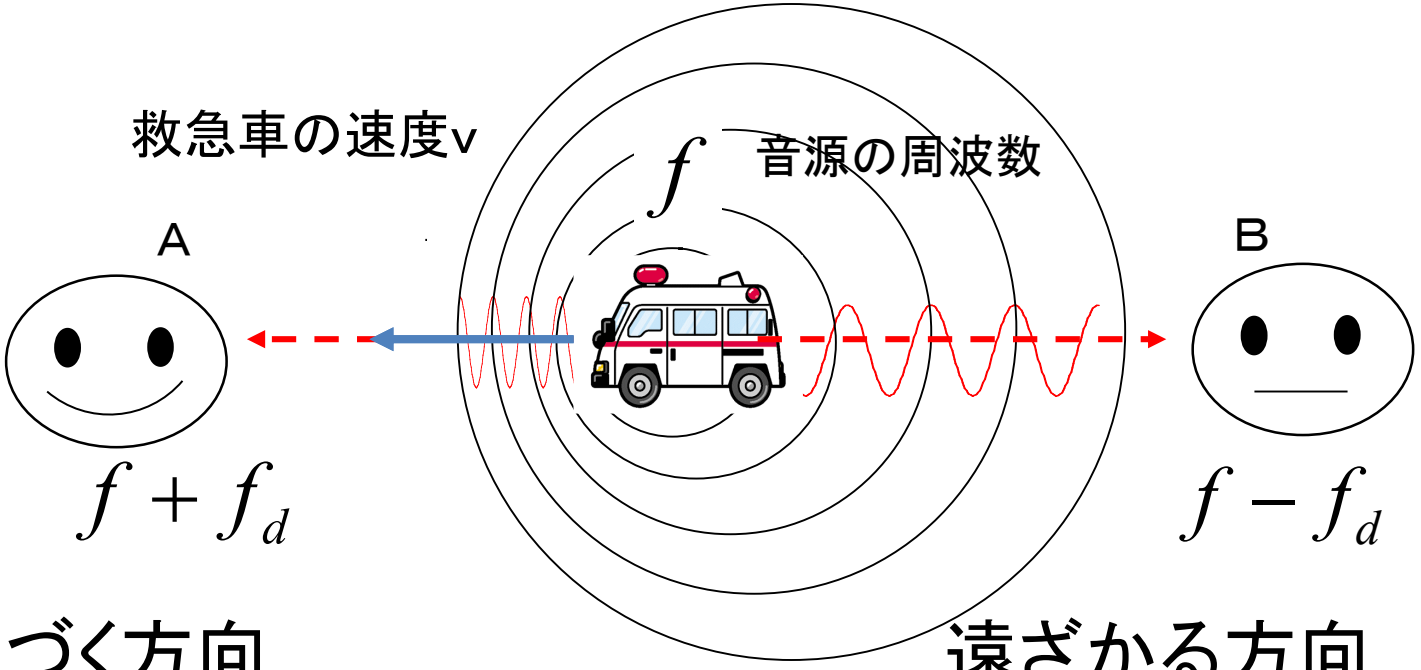
位相に距離の情報がある

速度はどのように検知するのか？

目標の「ドップラ周波数」を検知する

ドップラ効果とは

たとえば、下図のように波（音）の発生源（救急車）が動いているとき、進行方向前方では一定時間内に届く波の数は多く（振動数は高く）なり、逆に進行方向後方下流では、波の数は少なく（振動数は低く）なる。

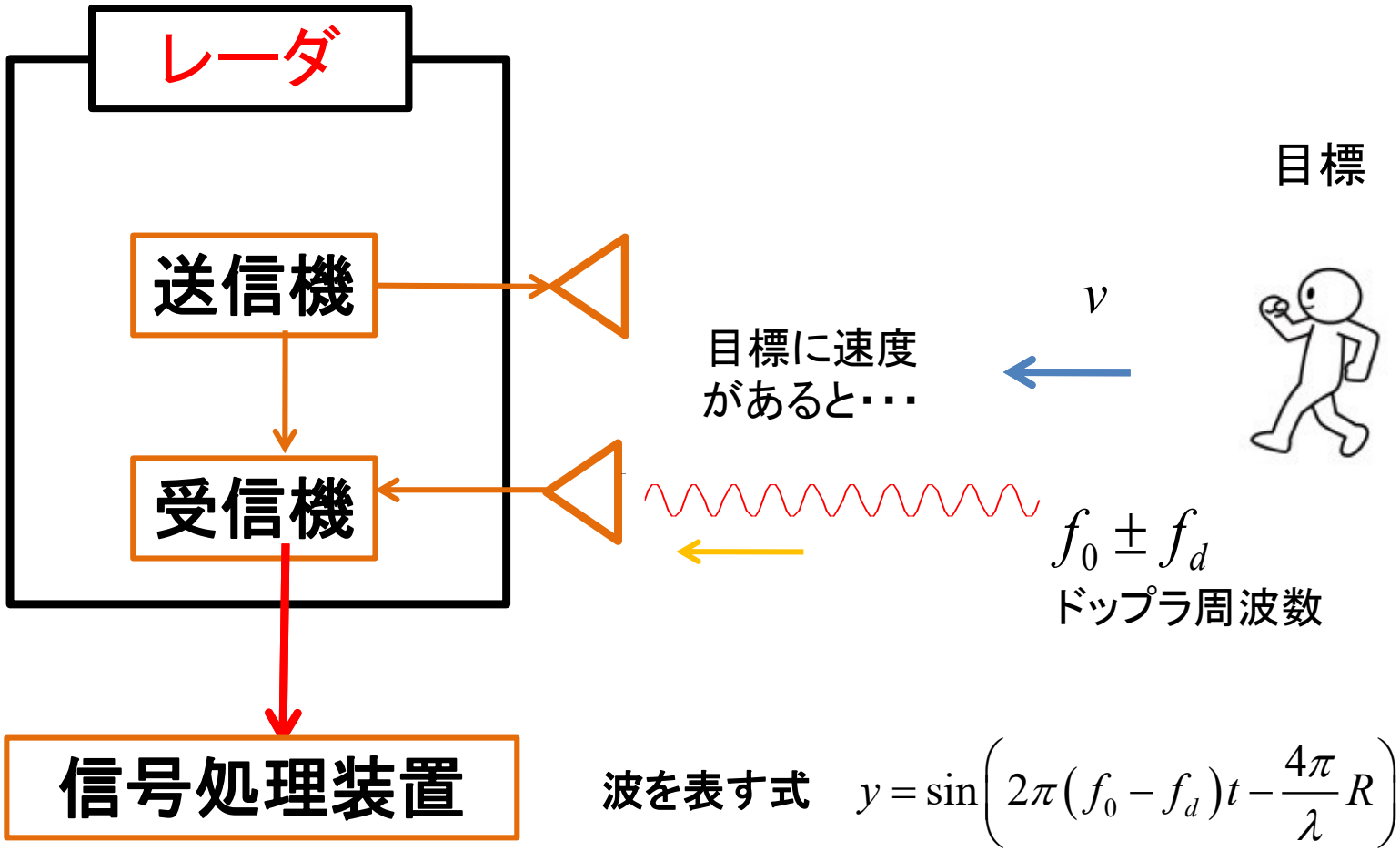


近づく方向
⇔振動数は高くなる

遠ざかる方向
⇔振動数は低くなる

位相差を使うレーダ

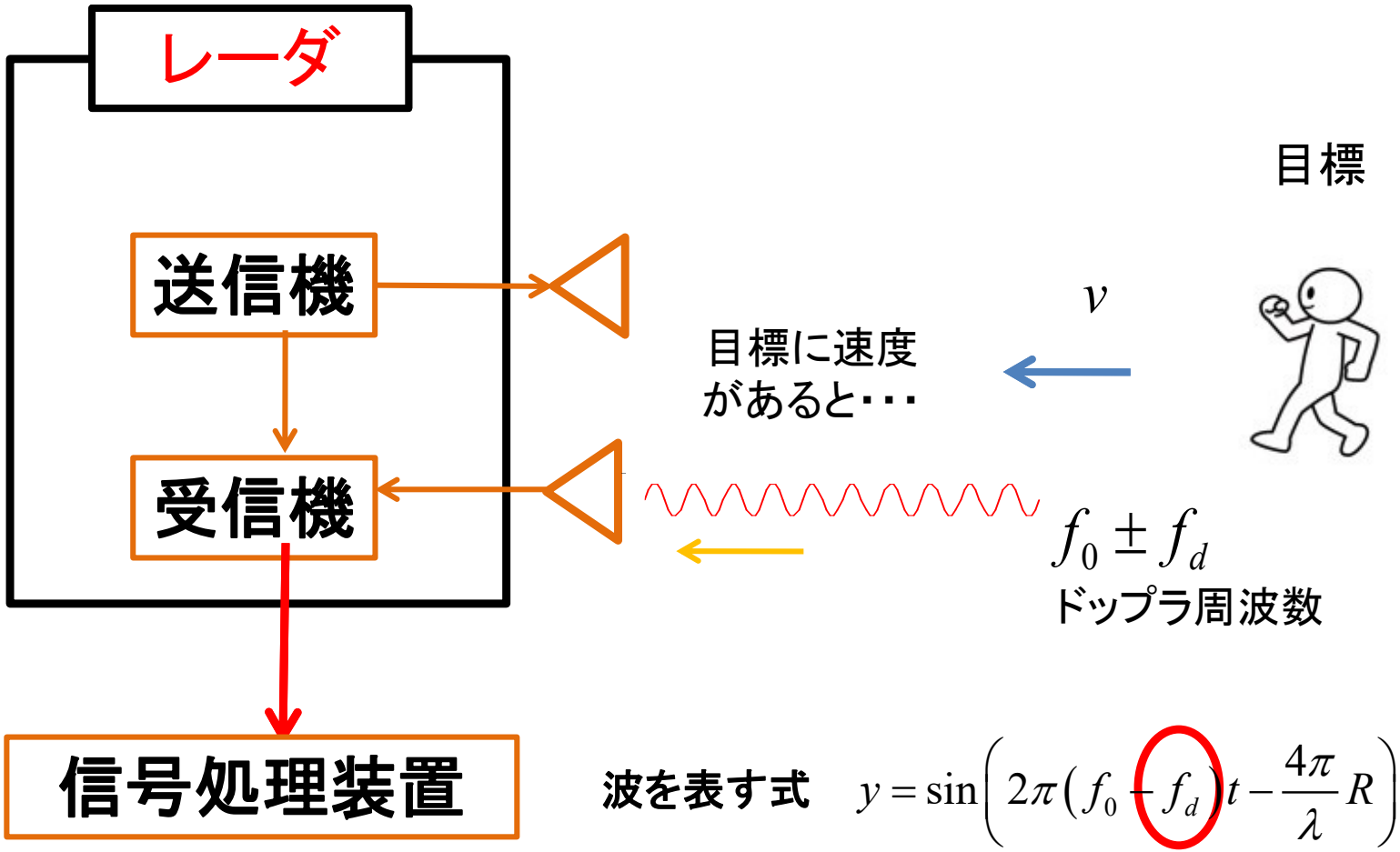
レーダでは、目標からの反射波のドップラ周波数f_dを観測することで目標の速度を検出する。



波を表す式　$y = \sin\left(2\pi(f_0 - f_d)t - \frac{4\pi}{\lambda}R\right)$

位相差を使うレーダ

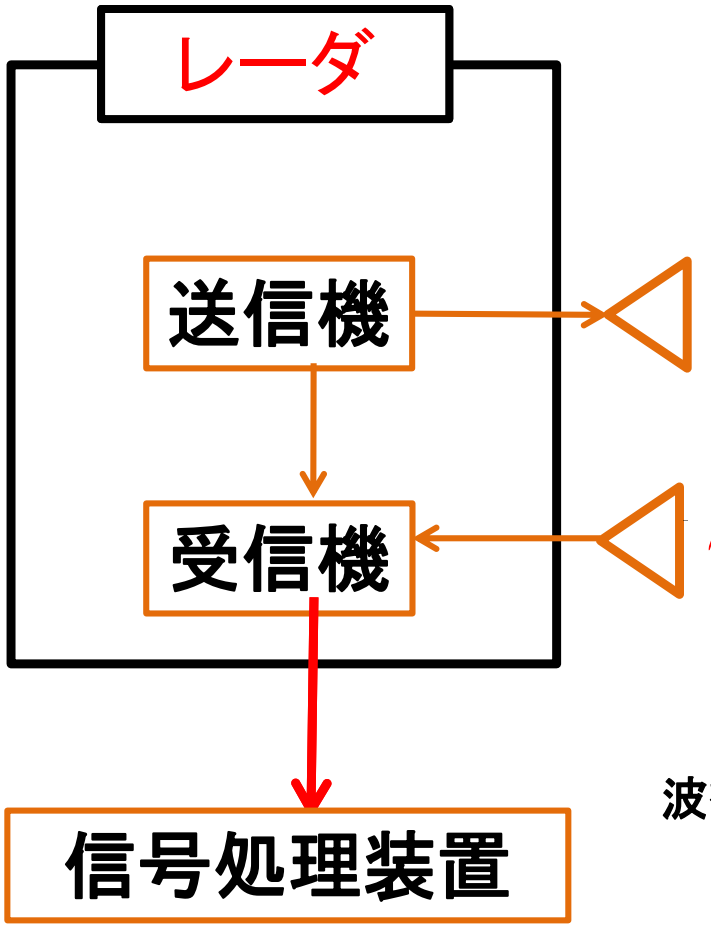
レーダでは、目標からの反射波のドップラ周波数f_dを観測することで目標の速度を検出する。



波を表す式　$y = \sin\left(2\pi\left(f_0 - f_d\right)t - \frac{4\pi}{\lambda}R\right)$

位相差を使うレーダ

レーダでは、目標からの反射波のドップラ周波数f_dを観測することで目標の速度を検出する。



目標



v

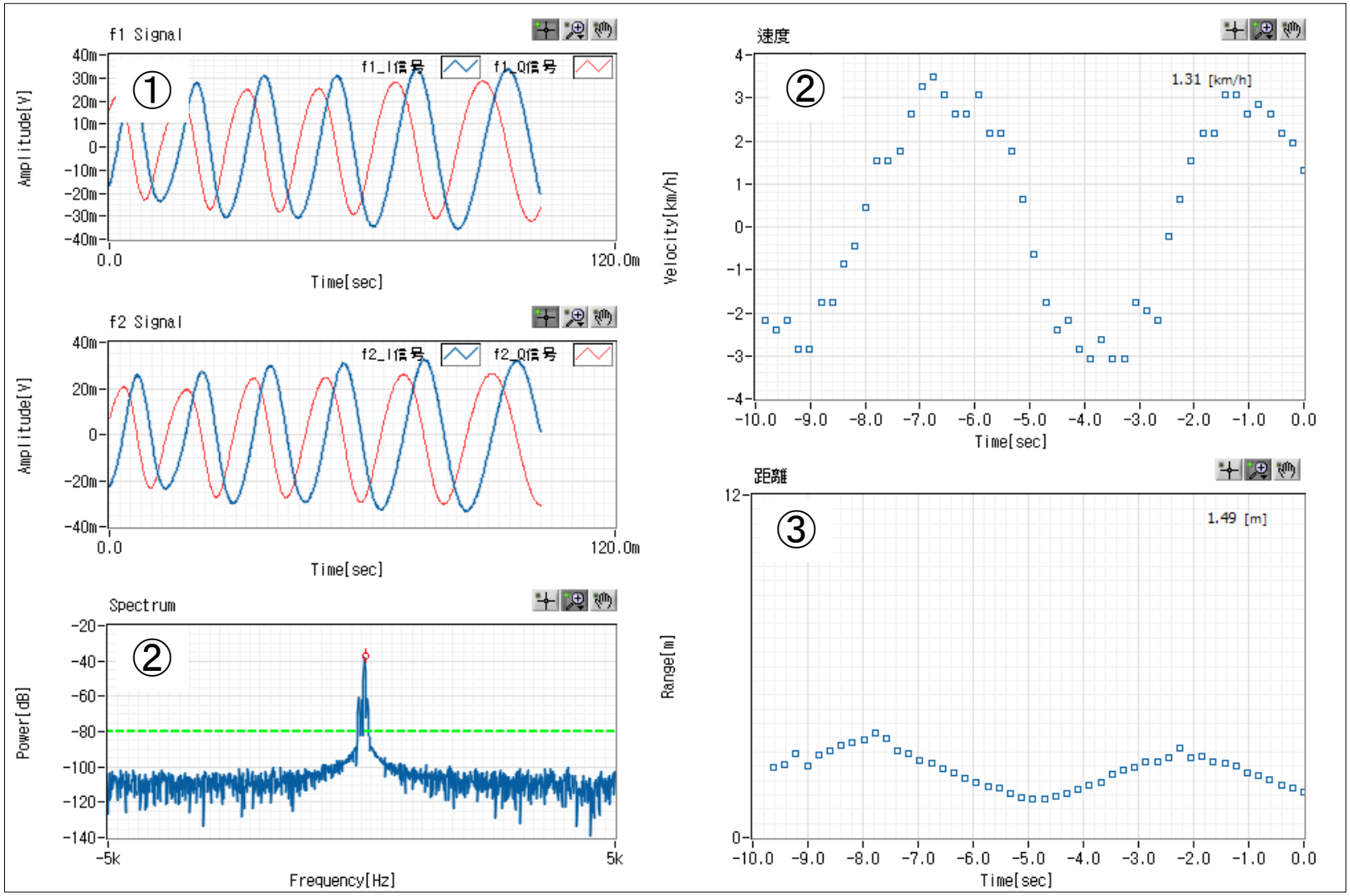
目標に速度があると・・・

$f_0 \pm f_d$

ドップラ周波数

波を表す式　$y = \sin\left(2\pi(f_0 - f_d)t - \frac{4\pi}{\lambda}R\right)$

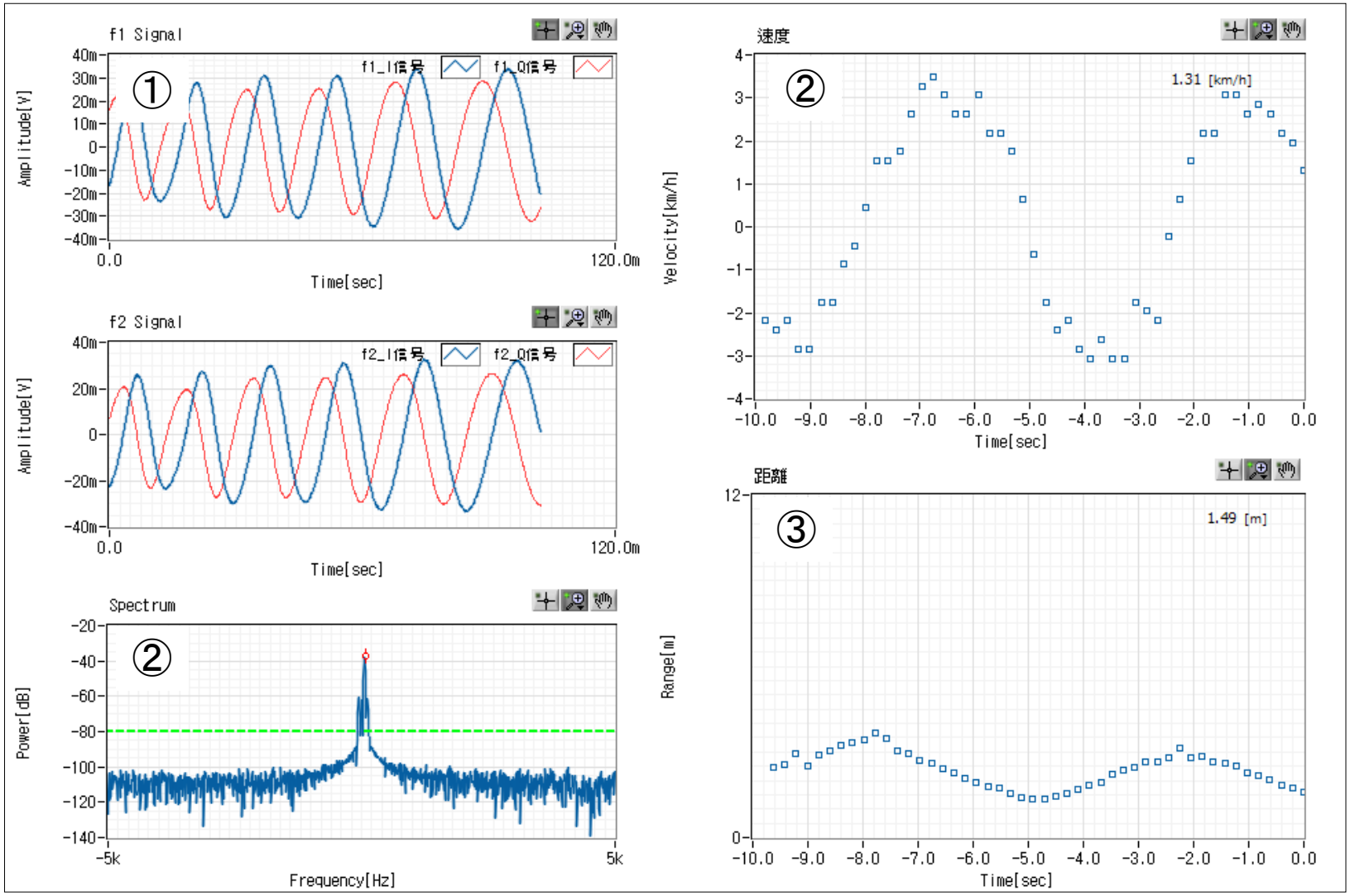
f_dはf_0に対して0.000001程度の大きさと極めて小さい



信号処理装置

①波形　②ドップラ周波数　③距離

波を表す式　$y = \sin\left(2\pi(f_0 - f_d)t - \frac{4\pi}{\lambda}R\right)$



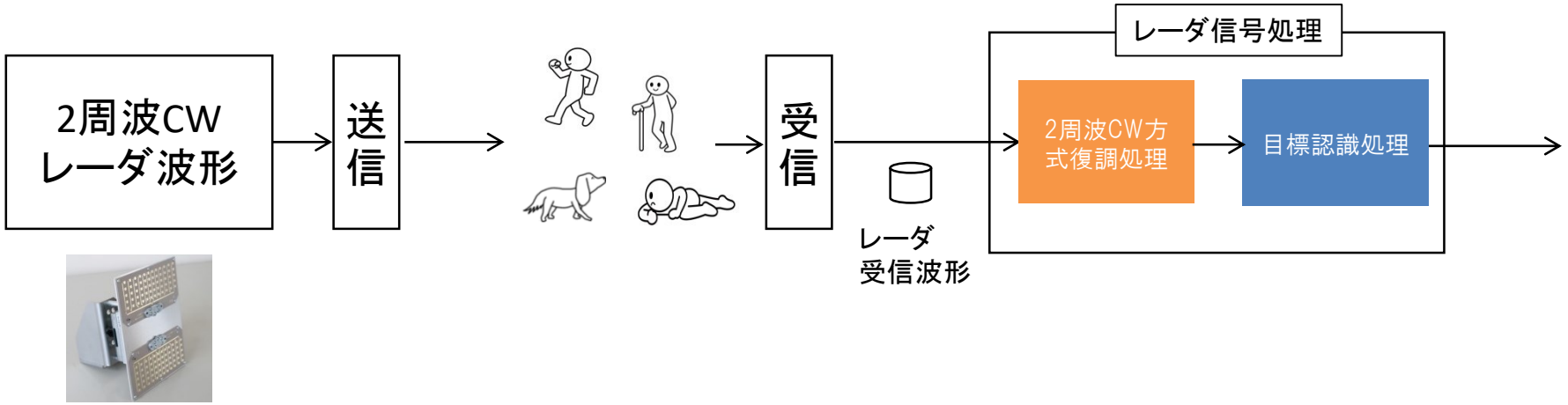
信号処理装置

①波形　②ドップラ周波数　③距離

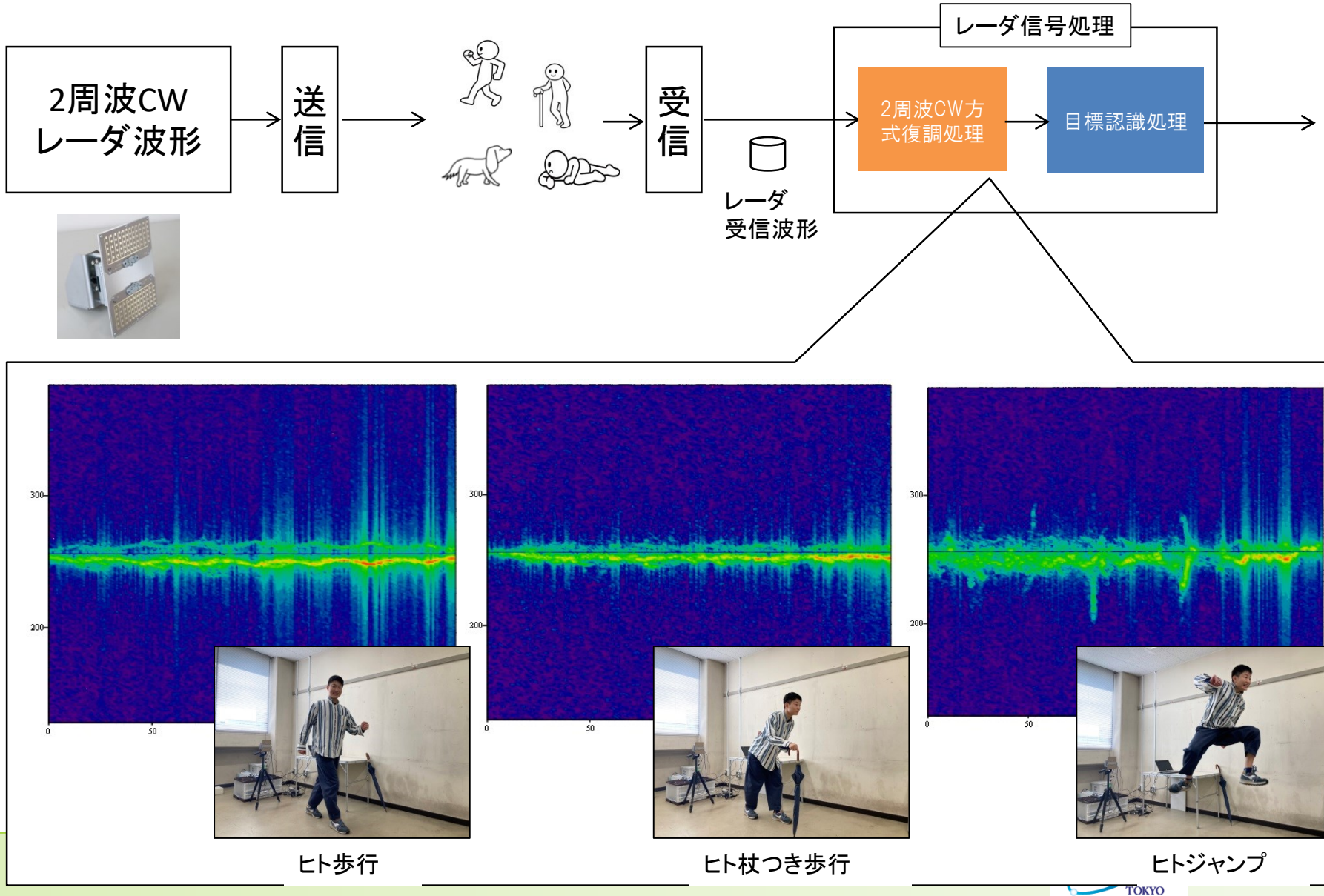
波を表す式　$y = \sin\left(2\pi\left(f_0 - f_d\right)t - \frac{4\pi}{\lambda}R\right)$

実際にレーダの前で歩いて動作を見てみよう⇒606号室へ

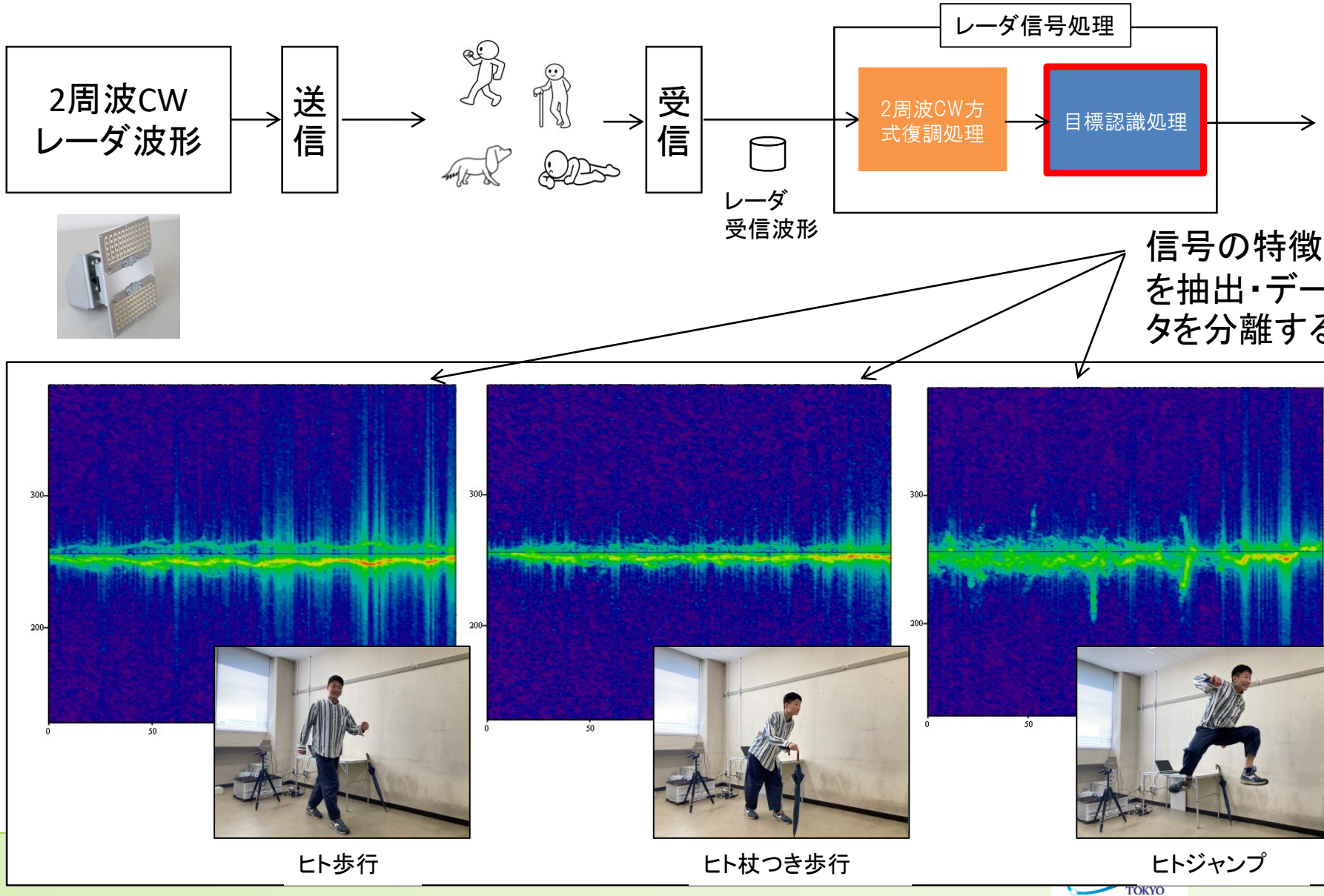
目標認識信号処理に関する研究（B4森田君）



目標認識信号処理に関する研究（昨年B4森田君の卒研）



目標認識信号処理に関する研究（昨年B4森田君の卒研）



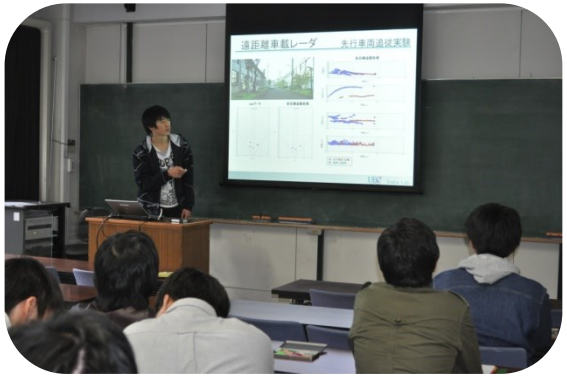




研究室活動について

ミーティングなど

- ゼミミーティング （週1）
  研究の進捗状況/応用研究について報告



- 個人研究指導 （週1）
  研究の方向性などを教員と相談

- 学生ゼミ （週1）
  学生間でレーダ信号処理などについて勉強



（新型コロナウィルス感染拡大前のイメージ図です）

研究室活動について

研究室1年のスケジュール

4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	年初懇親会		中間懇親会	大学院入試	夏休み 合宿旅行			忘年会		卒研発表会	卒業式 送別会

（新型コロナウィルス感染拡大前の例）