

移動物体を低演算量で高精度に 検出するレーダ通信方式

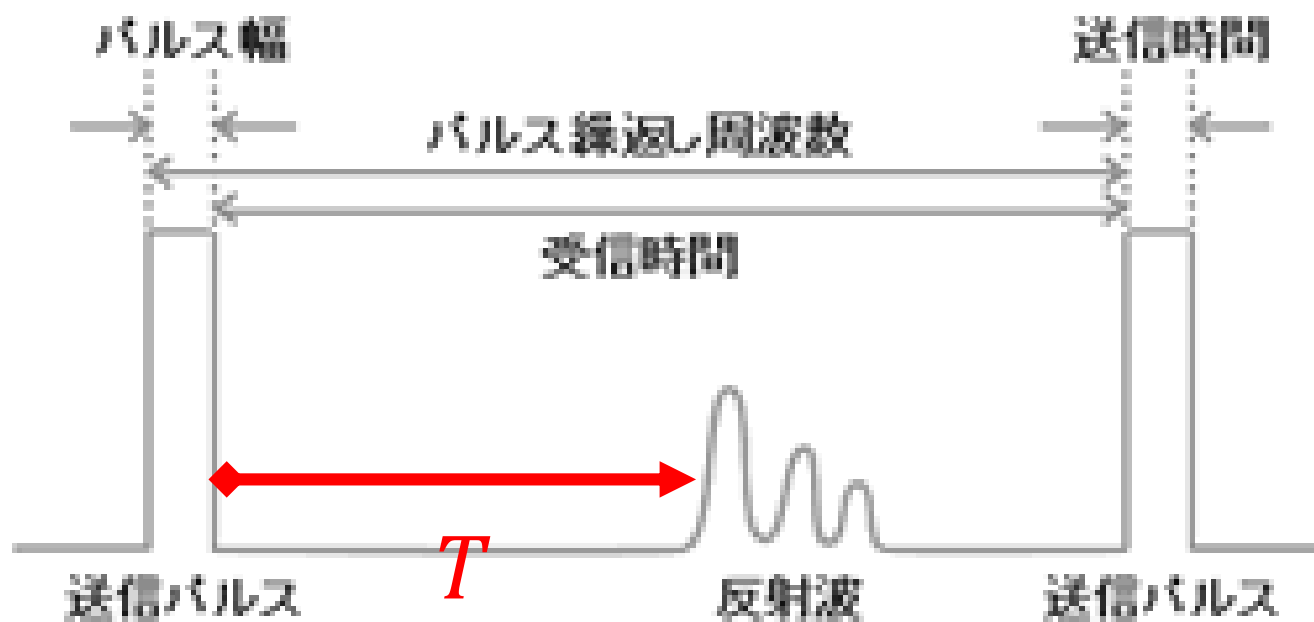
福岡大学 工学部 電子情報工学科
教授 大橋 正良

レーダの原理



1. アンテナから電波を発射する。
2. 対象物にあたると電波は反射(散乱)する。
返ってきた電波成分を分析し、もとの電波との差(時間、周波数)を二次元拡散して対象物の位置と速度を測定する。

パルスが返ってくるまでの時間で距離がわかる

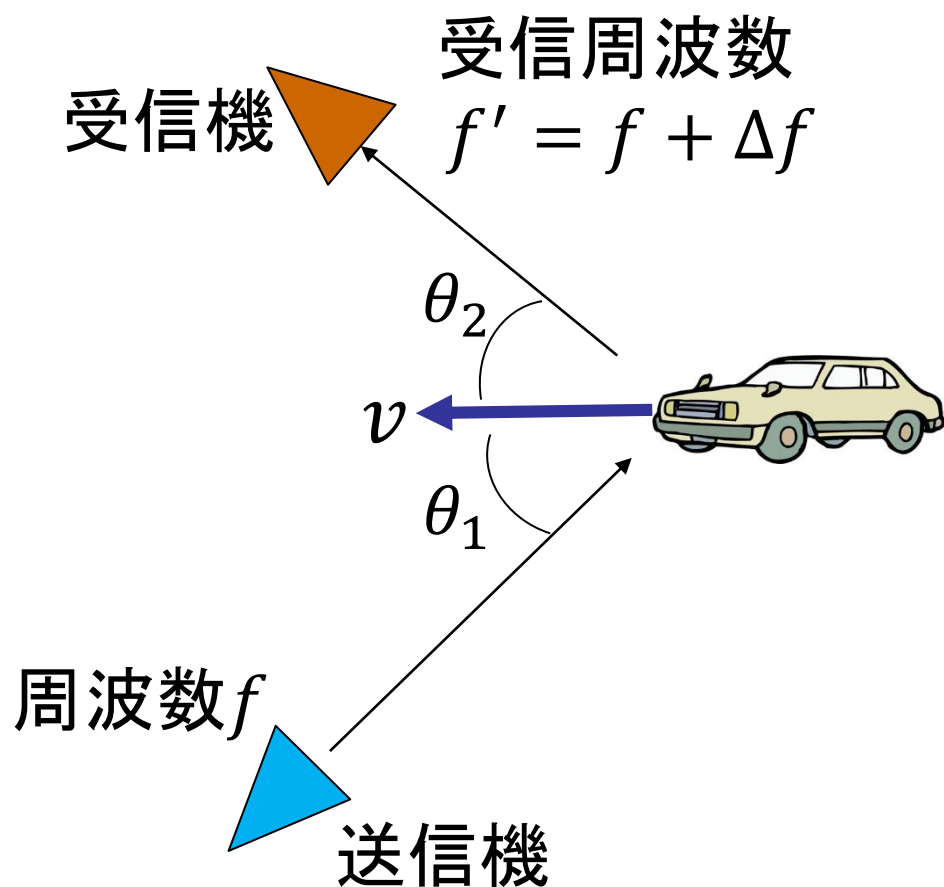


$$d = \frac{cT}{2}$$

c ; 光速

ドップラー周波数のずれより物体の移動速度を測定する

図のように速度 v で移動する物体に対して、角度 θ_1 で波長 λ の波を入射させ、物体から θ_2 の角度の反射波を受信



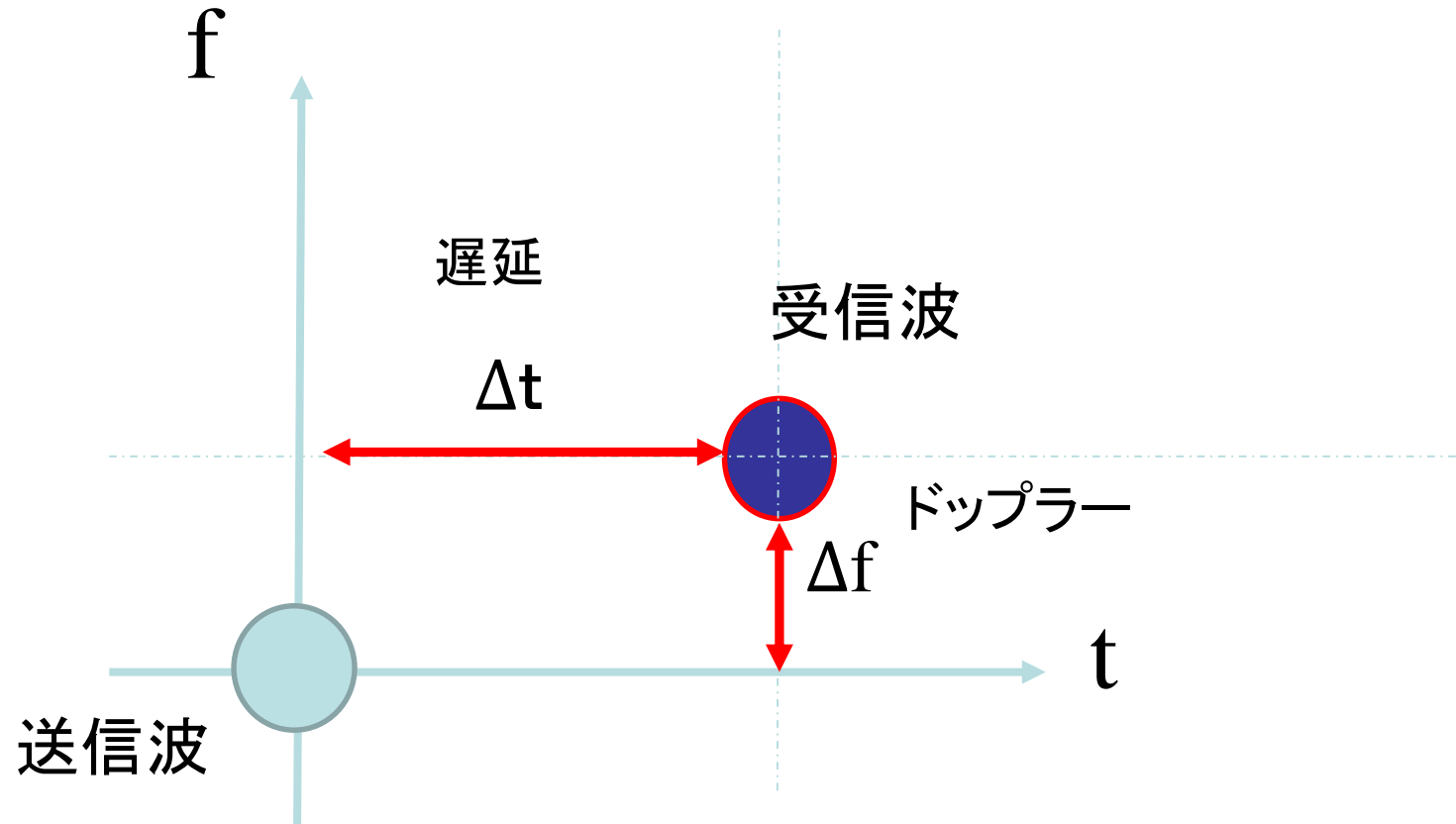
このとき受信される周波数のオフセットを Δf とすると、物体の速度 v は、

$$v = \frac{\Delta f \cdot \lambda}{\cos \theta_1 + \cos \theta_2}$$

で与えられる

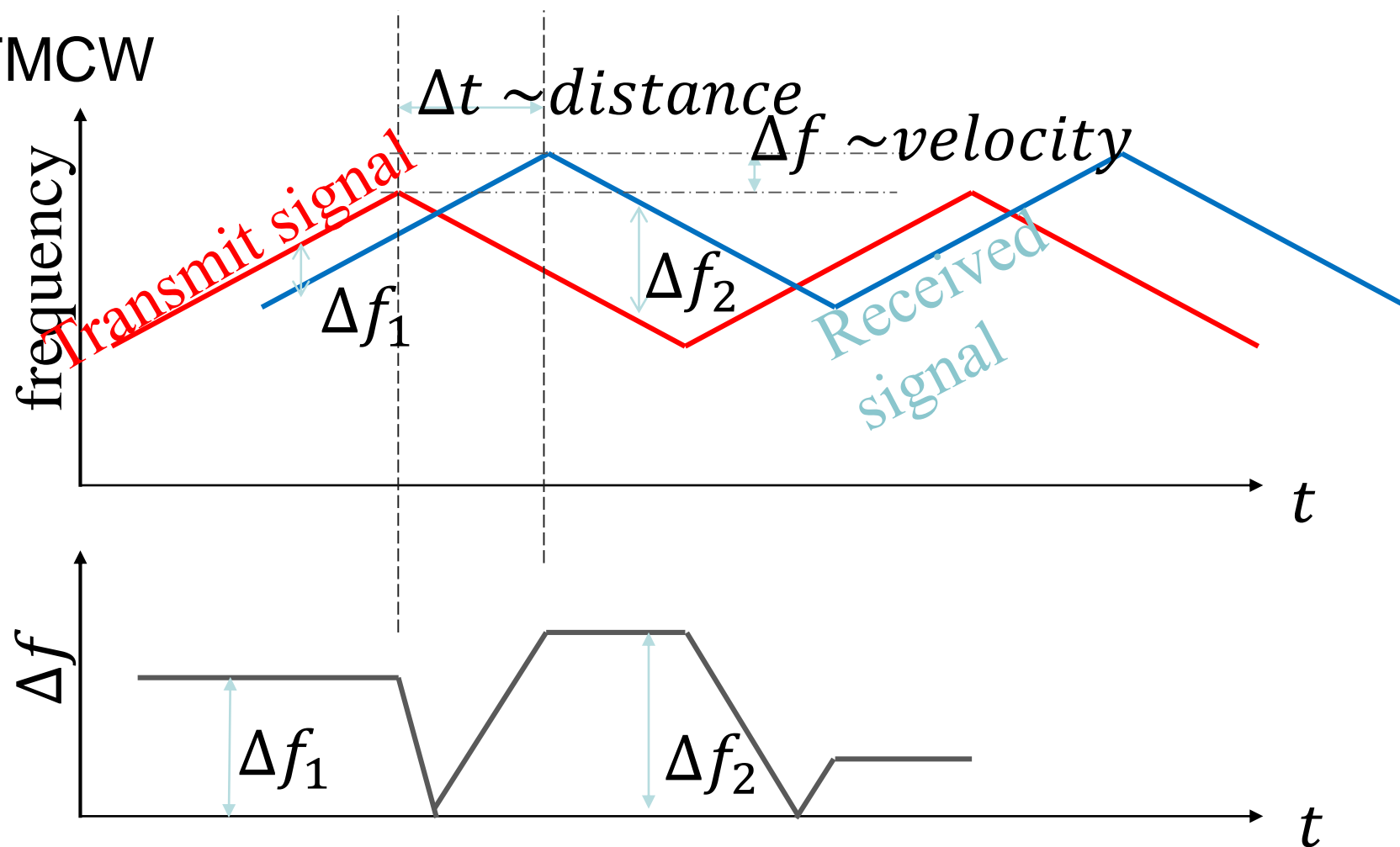
自動車の速度計測などに用いられる

従って時間軸、周波数軸で見て、それぞれの
ずれを発見できればよい



従来方式の例 (FMCW)

- FMCW



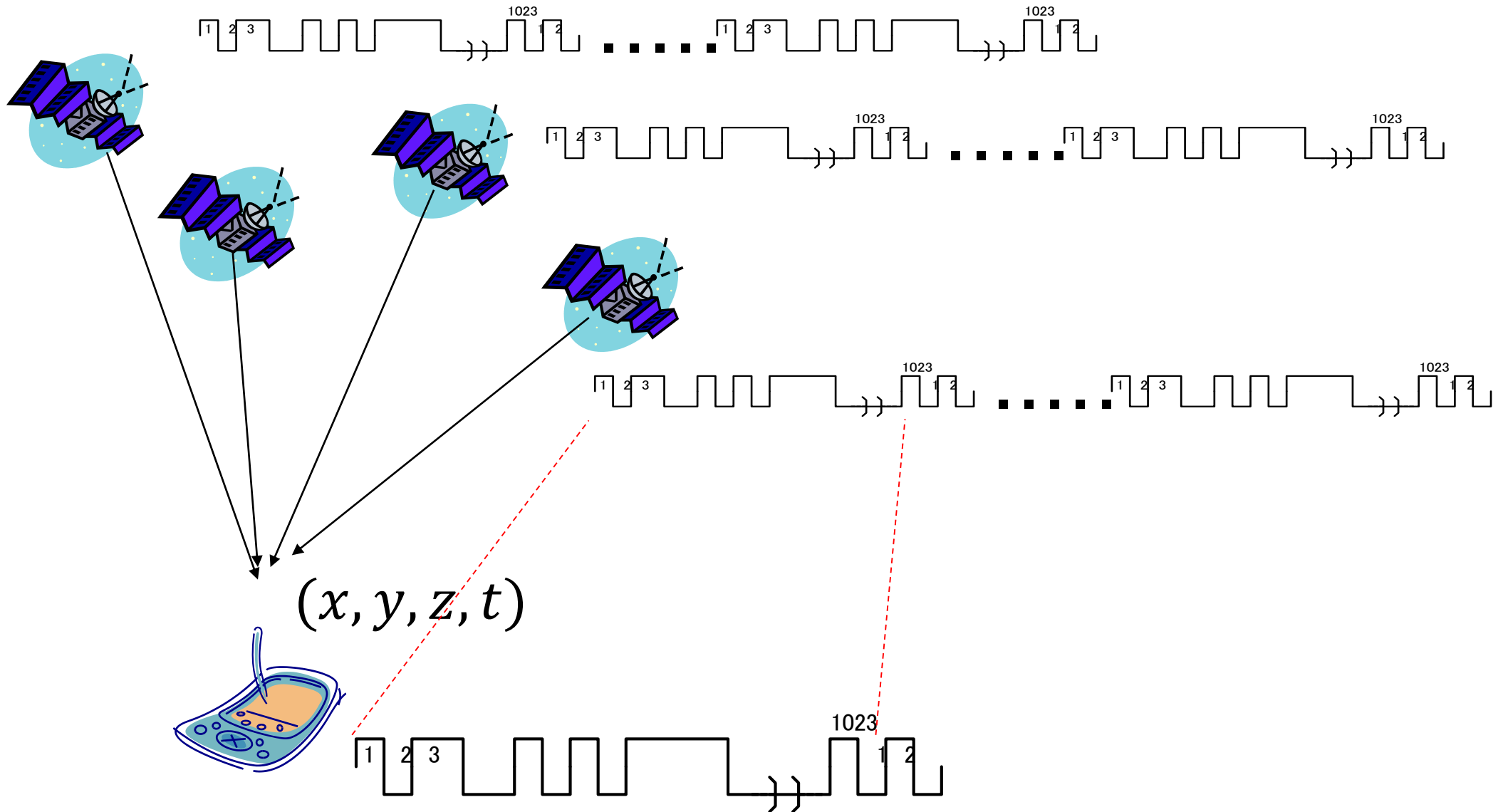
$$distance = \frac{c}{4a} (\Delta f_1 + \Delta f_2), \quad velocity = \frac{c}{4f_0} (\Delta f_2 - \Delta f_1)$$

$$c = \text{light speed}, f_0 = \text{TX freq}, \quad a = \frac{df}{dt} \text{ of TX signal.}$$

従来技術とその問題点

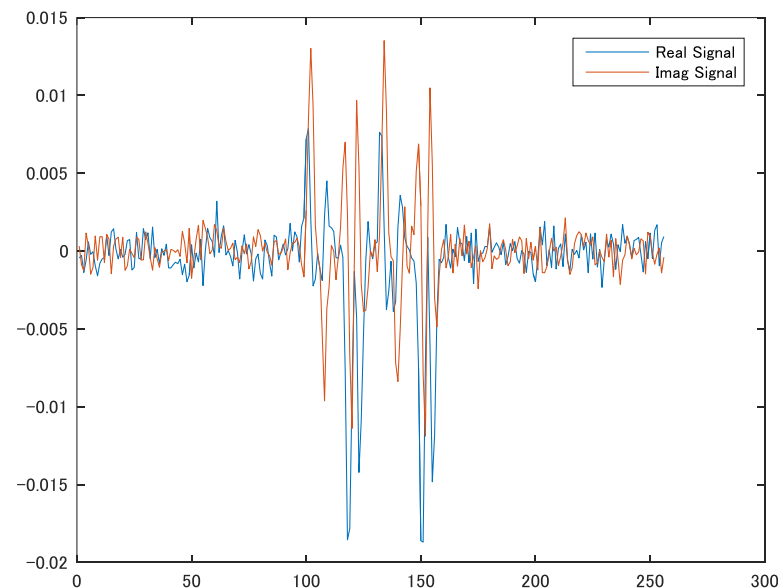
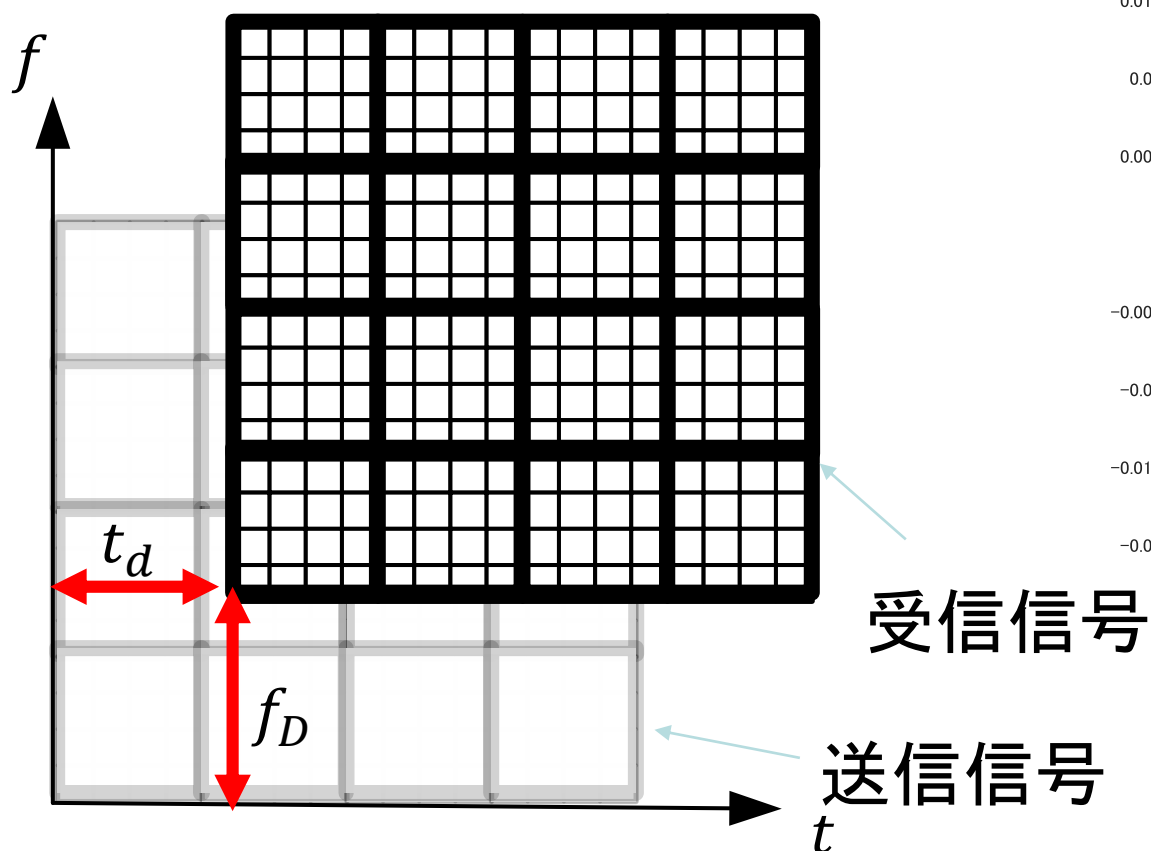
これまでのレーダ方式では、 Δt , Δf のいずれかを無視して推定、もしくは簡易に Δt , Δf を推定することはできるが、真に正確な推定（最尤推定）を高速に行うことはできなかった。

例 GPS:時間拡散符号(1次元)により 遅延を厳密に推定⇒位置同定



新技術の特徴1

- 時間遅延のみならず、ドップラーシフトを同時に正確に求めるため、時間-周波数の2次元に拡散した信号を検出に用いる。

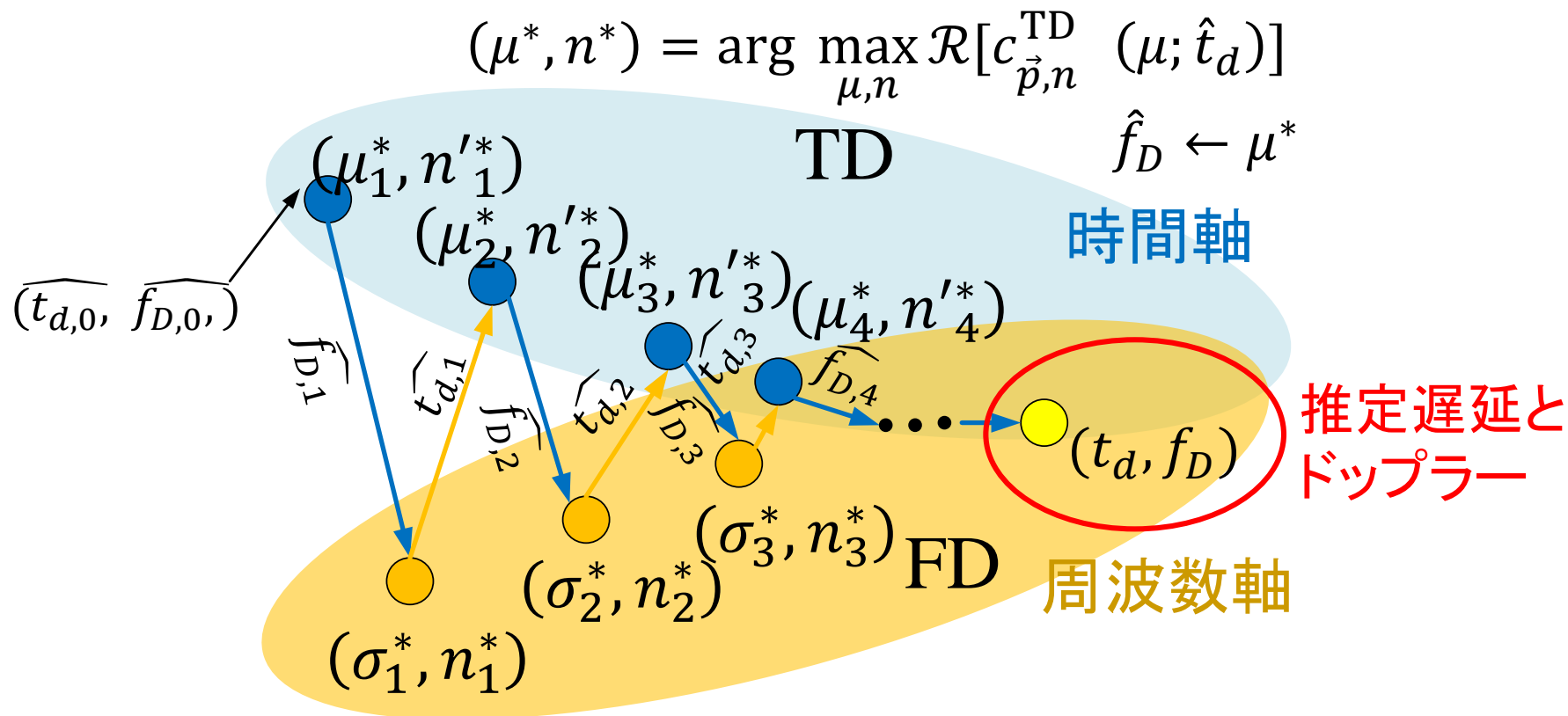


信号波形の例

t_d and f_D 2D estimation

新技術の特徴2

- 時間軸と周波数軸の2面からマッチングを交互に繰り返す、遅延とドップラーを追い込んでゆく。



Von Neumannの交代射影定理により、複数回の繰り返して収束保証

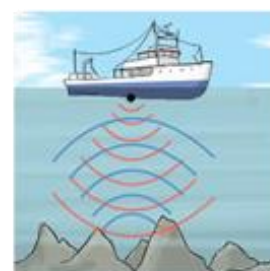
従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、 Δf と Δt を同時に**最尤推定**できることが明らかとなった。
- 本技術の適用により、演算量が従来だと N^2 のオーダーで必要だったのが、 $2N$ の何回かの繰り返しまで削減されることが期待される。
- 但し拡散に伴い、周波数帯域は広く必要。
- 今後期待される自動運転に必要な高性能レーダなどへの適用が期待される。

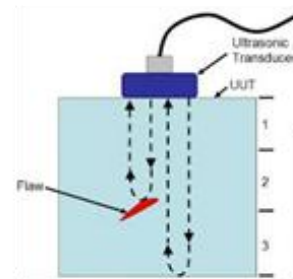
実用化へのイメージ

- 建築物の異常診断
- 飛行機の搭乗手続きの手荷物検査用センサ
- 海底資源検査用
- 車載レーダ
- 高速移動中無線通信による異物発見センサ等
- 通信に対して適用が可能
 ➡ポスト5G 超高速(超広帯域)通信の時代に有力な候補となる可能性

提案方式の適用領域



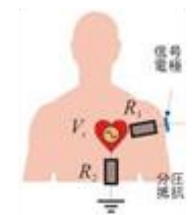
ソナー
海中探査用
センサー



建造物の非破壊検査用レーダ



V2X, M2M等通信



生体内通信



無線通信の同期取得・保持



光ファイバ通信

UWBレーダ



高精度各種センサー

ソフトウェア無線

周波数

時間・周波数領域同時表現により高精度測距/高効率周波数利用を実現。

実用化に向けた課題

- 現在、連続信号について評価済み。現在離散信号によるデジタル処理を評価中。
- 今後、想定される遅延、ドップラー環境での検知性能を計算機シミュレーションで評価すると共にソフトウェア無線プラットフォームで無線信号を作成して評価予定。
- 実用化に向けて、実DSPを用いた性能評価を行ってゆく必要もあり。

Industryへの期待

- 大学においては、計算機シミュレーションやソフトウェア無線などによる評価まで。
- レーダ技術に知見があり、デジタル信号処理技術を持つ企業との共同研究を希望。
- ハードウェア試作&実環境での性能評価を通じて実用化を加速させたいと期待しています。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 信号処理システム、受信方法及びプログラム
- 出願番号 : 特願2017-69956
- 出願人 : 学校法人福岡大学
- 発明者 : 大橋正良、香田徹

お問い合わせ先

福岡大学 研究推進部 産学官連携センター
担当コーディネーター
川上 由基人

TEL : 092-871-6631 (代) 内線2806

FAX : 092-866-2308

e-mail : sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp