

デジタル音響通信と Basis Expansion Model を用いた移動体の測距

SATテクノロジー・ショーケース2022

■ はじめに

近年、IoTや防災、マーケティングなど様々な分野で屋内の位置情報が重要視されており、既存の屋内放送設備やスマートフォンを送受信機として活用できる屋内音響GPSへの関心が高まっている。屋内音響GPSでは、送信機から発せられた音波が受信機に到達するまでに要する時間(Time of Flight; ToF)を計測することで、送受信機間の基線長を計算する。次に、計算した送受信機間の基線長と、送信機の座標から連立方程式を解くことで、受信機の未知座標を推定する(図1)。しかし、送受信機が移動する動的環境では、送信信号が遅延とドップラーシフトにより変調されるためToFを正しく算出することは容易ではない。そこで、本研究では、遅延とドップラーシフトの影響をデジタル無線通信に用いられるBasis Expansion Model (BEM)を用いてモデル化することにより、動的環境においても送受信機間の基線長を正しく推定することを目的とする。

■ 活動内容

1. 動的環境に適した屋内音響GPSの設計

デジタル通信技術を応用して動的環境に適した屋内音響GPSを設計した。まず、送信機は、基線長計測用の信号(M系列)を変調し、時間一周波数空間にマッピングする[1]。送信機から送信された信号 x は、ドップラーや多重反射の影響を受け、受信機に到達する。この受信信号 y は、BEMを用いて、以下の通り記述される[2]。

$$y = x \sum_{q=-Q}^Q H_q \Lambda_q$$

ここで、 H_q と Λ_q はそれぞれ遅延とドップラーシフトの影響を表す行列であり、 Q は離散化されたドップラーシフトの大きさを表している。受信機は、 x と y を用いて上式を解き、各ドップラーシフト q 毎のインパルス応答 $h_{t,q}$ を求め、そこから、移動速度と基線長を算出する(図2)。

従来の手法は、動的環境ではドップラーシフトの影響によりインパルス応答のピークが小さくなってしまい、基線長の算出が困難であったが、提案手法は、ドップラーシフト毎のインパルス応答を計測できる点が特徴となっている。

2. 屋内環境における提案手法の性能評価[3]

スピーカーと移動するマイクロフォン間の測距が正しく行えるか、実験を行った。防音室内にスピーカーとマイクロフォンを設置し、マイクロフォンを速度0, 0.09, 0.18, 0.28 (m/s)で移動させながら、インパルス応答を計測した(図3)。

その結果、動的環境でもインパルス応答は明確なピークを有しており(図2)、センチメートルオーダーの誤差でスピーカーとマイクロフォン間の基線長が計測できることが明らかになった(図4)。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

1. T. Ebihara *et al.*: IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol.41, pp. 408 - 427 (2016)
2. F. Qu and L. Yang: Proc. IEEE OCEANS, pp. 1-7, (2008).
3. K. Wada *et al.*: Proc. Symp. Ultrason. Electron, 3Pb2-7, (2021).

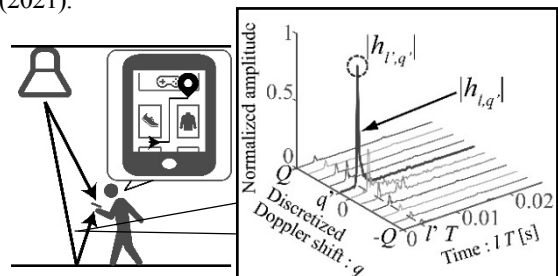


図1 研究概要 図2 インパルス応答

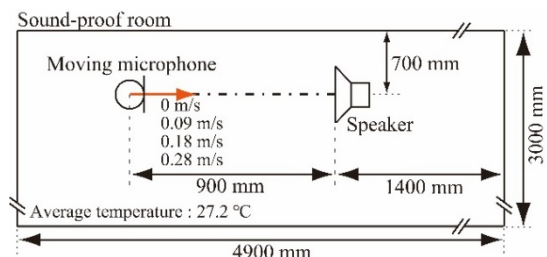


図3 実験系 (上面図)

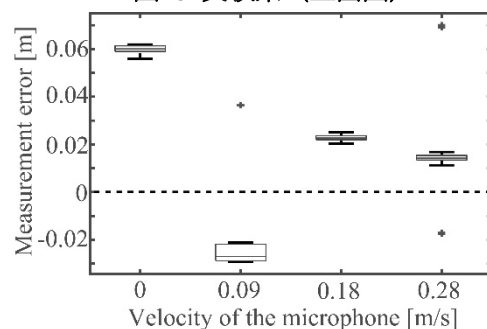


図4 速度ごとの計測誤差

代表発表者 和田 康平(わだ こうへい)
所 属 筑波大学 理工情報生命学院
システム情報工学研究群
知能機能システム学位プログラム
問合せ先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1
TEL:029-853-6470 FAX:029-853-6471
ebihara@it.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) デジタル音響通信
(2) 屋内音響 GPS
(3) Basis Expansion Model
■共同研究者: 海老原 格(筑波大学)
若槻 尚斗(筑波大学)
善甫 啓一(筑波大学)
水谷 孝一(筑波大学)