

屋内の位置をスマートフォンで測る LED 光と音波を使った位置測定

秋山 尚之 (総研大) 橋爪 宏達 (国立情報学研究所)

屋内での位置をスマホで求めます

- ・ 屋内では GPS が使えません
- ・ スマホにはセンサーがあります
- ・ 照明やスピーカから信号を送り、スマホで受信して位置を求めます

このような応用を考えています

- ・ 屋内や地下街での道案内
- ・ 居場所に応じた情報の提供
- ・ 利用者の動作に反応するゲームやデジタルアートが作れるかも

音波を使って位置を測定

- ・ 空気中の音の速さは、秒速 340 m くらいです。スピーカで音が鳴ってから聞こえるまでの時間がわかれば、スピーカまでの距離がわかります。

$$\text{距離} = \text{速さ} \times \text{時間}$$

- ・ スマートフォンのマイクで音を検出し、距離を計算します。
- ・ スピーカをいくつか設置すれば、屋内での位置が求まります。

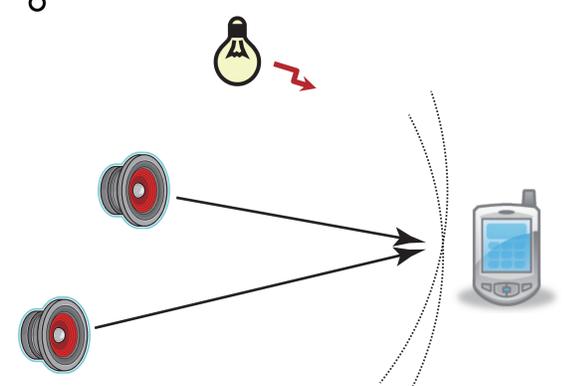


スタンプラリークイズのヒント

光は 1 秒間に 300,000,000 m 進む。
音はだいたい 1 秒間に 300 m だ。
割り算すると何倍だろう？

光で時刻を知るしくみ

- ・ いつ音が鳴ったかを知るために、音と同時に照明を光らせます。光の速さは秒速 30 万 km で、音と比べると一瞬で届きます。
- ・ スマートフォンのカメラで、光った瞬間の時刻をとらえます。その後音が届くまでの時間から、正確な距離が求まります。
- ・ 音の鳴った時刻がわからない場合は、2つの音が届く時間差を使って位置を求める方法があります。ただし精度は悪くなります。



屋内の位置をスマートフォンで測る LED 光と音波を使った位置測定

秋山 尚之 (総研大) 橋爪 宏達 (国立情報学研究所)

位置の測定

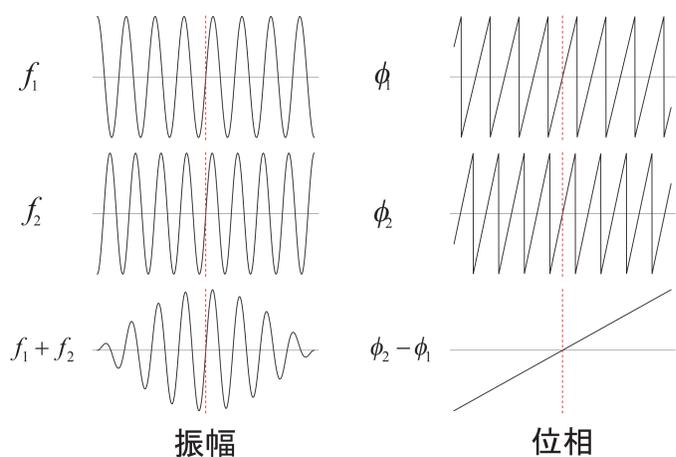
- ・ 高周波音波を使った 3 次元の位置測定で誤差 10 mm 以下
- ・ 時刻同期を行い、到来時刻にもとづく高精度な位置測定

時刻の同期

- ・ イメージセンサのローリングシャッター効果を使った時刻検出
- ・ 1 秒以内で 0.17 mm の精度
- ・ 可視光通信の利用

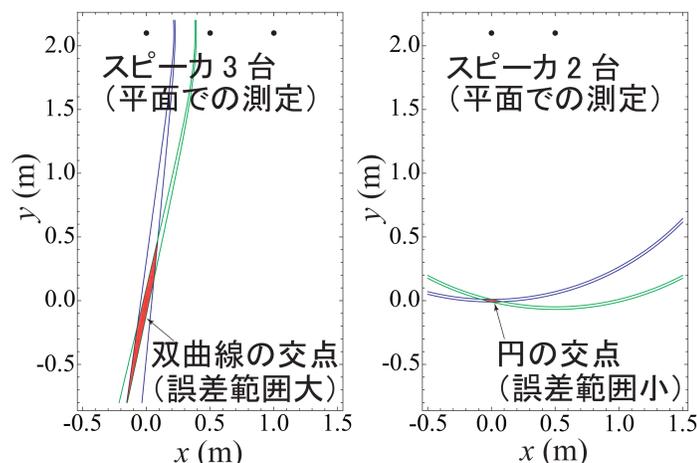
位相一致法による音波の検出と位置測定

- ・ 2 周波からなる「うなり波形」を高い時間分解能で検出します。



うなり波形の中央(位相一致点)を求める

- ・ 送受信機間の同期の有無で手法と精度が異なります。

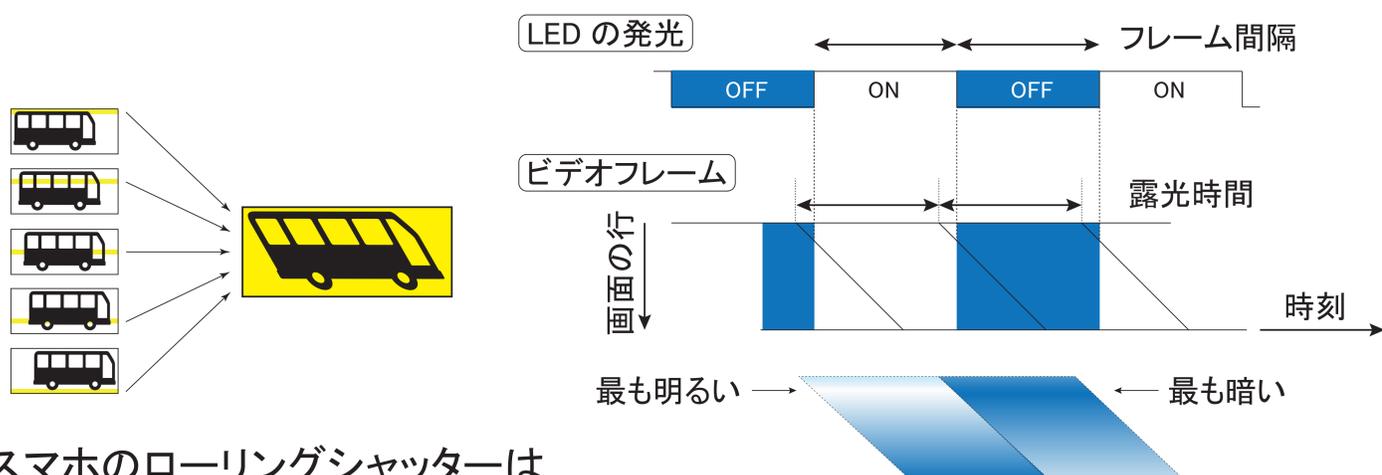


到来時間差法(同期なし)

到来時刻法(同期あり)

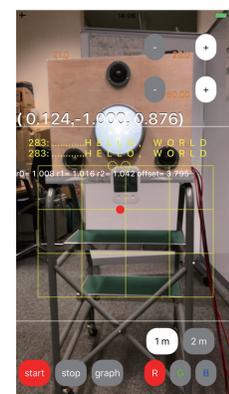
LED 変調光とビデオカメラを使った時刻同期

- ・ CMOS イメージセンサのローリングシャッター効果で、フレームレート(1 秒間に 60 画像)の 1000 倍以上の精度で時刻を検出できます。



スマホのローリングシャッターは時間をずらしながら各行を撮影(動体を撮るとゆがむ)

最も明るい行を見つけ、基準時刻とする(発光と露光の時間が一致するところ)



可視光通信を併用した位置測定スマホアプリ(“HELLO, WORLD”を表示)