

音響ブラックボックス

音源が、 x - y 平面上の半径 R の円周上を一定の角速度 ω で運動している。また、円は x -軸と角度 β ($0^\circ < \beta < 90^\circ$) をなし、一定速度 v_s で移動している。図 1 は、音源の軌跡を赤色で示したものである。時刻 $t = 0$ において円の中心は C にあり、座標 (X_C, Y_C) からの音源の位置はベクトル \vec{CA} で与えられる。さらに、音源 S は時刻 $t = 0$ で周波数 f_0 の音を発すると同時に反時計回り（図 1 参照）に動き始める。ベクトル \vec{CA} は $t = 0$ のとき x 軸に対して角度 ϕ （図 1 (a) では $\angle BCA = \phi$ ）となる。検出器 D は、原点からの距離と、位置ベクトルが x 軸となす角が、それぞれ r_D と θ となるように、同じ平面 (x - y 平面) 内に置かれる（図 1 (b)）。検出器 D と音源 S を結ぶ線は x -軸と角度 α をなしている。音源と検出器の運動はすべて x - y 平面上だけである。音速 c は 330m/s である。また、音源の正味の速さは c より小さい。

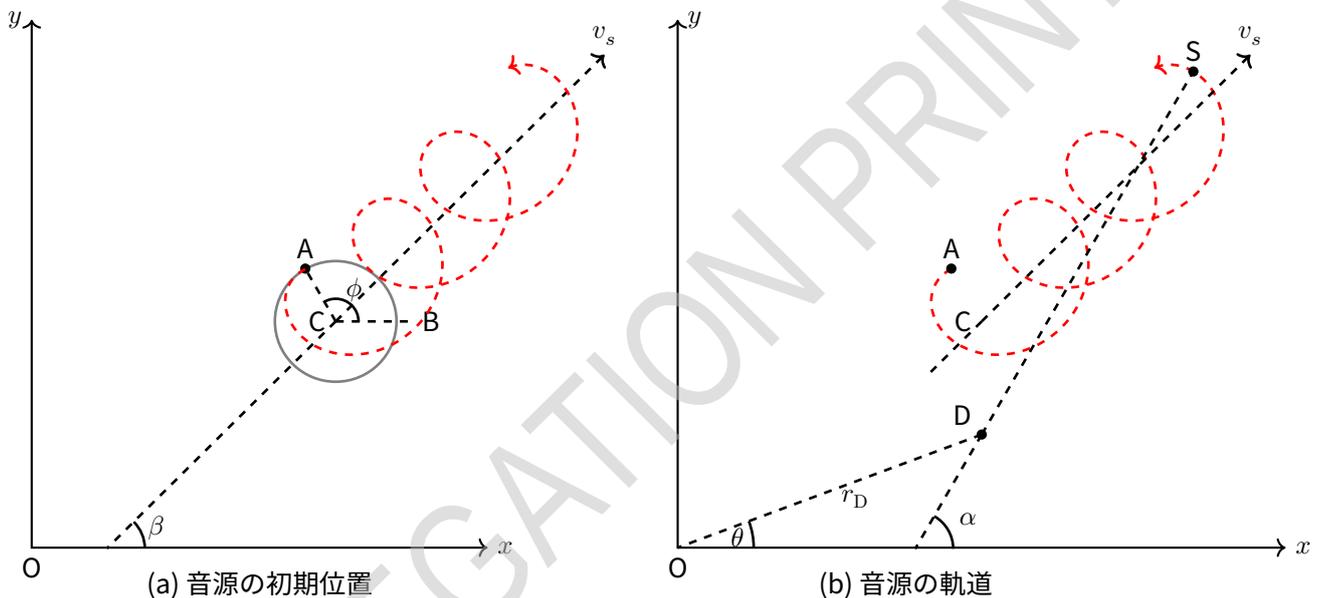


図 1

音源から発せられた音は、時刻 t に周波数 $f(t)$ で検出器に検出される。シミュレーションでは、検出された周波数 $f(t)$ を表示する。

課題 A.1

A.1 音源の軌道 $(x(t), y(t))$ の方程式を β, ϕ, v_s , そして関連する量で求めよ。

0.2pt

実験試験の受験ポータルサイトで「EQ2: Acoustic Black box」をクリックする。

シミュレーションの概要

シミュレーションは2つのパートに分かれている。上部は検出器のパラメータを入力するパネルで、下部は時間 t に検出器が検出した周波数 $f(t)$ のグラフ出力を表示するパネルである。

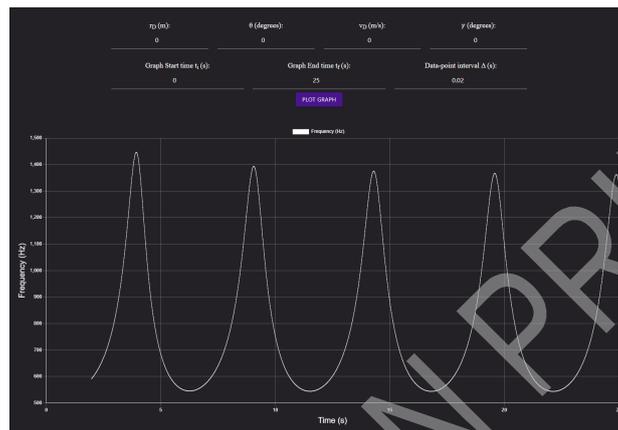


図2：初期のシミュレーションスクリーン

入力パネルに r_D と θ の値を入力すると、検出器の位置を変更することができる。パネルで値を変更した場合、変更された $f(t)$ の出力を見るには「PLOT GRAPH」をクリックする必要がある。「Data-point interval Δ 」の所で、データを収集する間隔を変更することができる。この時間間隔は 0.001s の倍数のみ設定可能であることに注意すること。

速さ v_D と、速度ベクトル v_D が x -軸となす角度 γ を入力することで、検出器を一定運動させることができる。この場合も「PLOT GRAPH」をクリックして、変更したパラメータに対する出力を表示する必要があります。

「PLOT GRAPH」をクリックすると、「Graph Start time (t_i)」から「Graph End time (t_f)」の区間でグラフが表示される。図2では、0~25s間のグラフが表示されている。

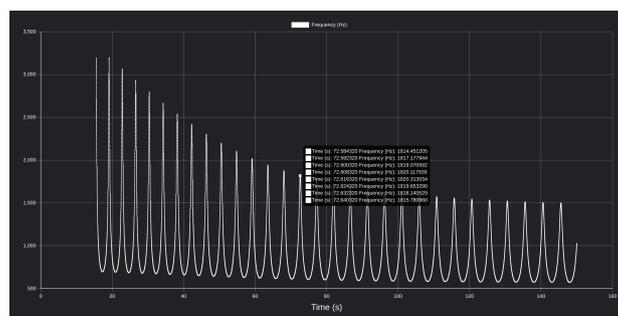


図3：入力値を変更した場合のシミュレーション画面

グラフの開始時間と終了時間の入力、グラフの一部を拡大するためにも使用できる。例として、図3は角度 78° で 5000m に検出器を配置した場合の出力である。グラフの出力は 10~150s の間でプロットされている。データは 0.008s ごとに収集される。曲線のデータポイントにカーソルを重ねると、データポイントの値が表示される。時間間隔が非常に小さいため、曲線にカーソルを重ねると複数のデータ点の値が表示される場合がある。図3では、8つのデータポイントが表示されている。

注意：データポイントの間隔 (Δ) を非常に小さくして (例えば 0.001)、長い時間間隔 (例えば Graph Start time ($t_i = 0$) から, Graph End time ($t_f = 25$)) でプロットすると、シミュレーションに時間がかかり、マシンの容量によってはフリーズする可能性がある。

このような状況に陥った場合は、「一般的な説明」に記載されている手順で対処してください。非常に小さな Δ は、プロットの小さな時間間隔の場合にのみ使用することができます。シミュレーション実行中、グラフ終了時間 ($t_f(s)$) に関係なく、シミュレータがプロットできる最大データ点数は 25000 点です。

シミュレーションで検出器のパラメータをいろいろな値で試し、出力を注意深く観察すること。グラフの出力は、次のパートの計算に使用する。必要であれば、どのパートでもグラフ用紙を使用することができる。

課題 A.2

- A.2** シミュレーションでは、検出器を $r_D = \theta = 0$ で静止させる。出力グラフの開始時刻 5s と終了時刻 55s の間の $f(t)$ 出力を観察しなさい。その範囲内のすべての極小値 f_{\min} とそれに対応する時間 t を表に記入し、 f_{\min} と t の関係をプロットせよ。 1.2pt

課題 A.3

- A.3** 検出器を静止させた場合に最終的に検出できる最小の周波数について式を求めよ。 1.0pt
答えは v_s, ω, R と関連する変数で表せ。

パネル内の各種入力値を使って、以下のパートの答えを求めることになる。A2-4 ページの表に示してある、量や途中式を求めるために使った $r_D, \theta, v_D, \gamma, t_i, t_f$, と Δ の各物理量の値を報告しなさい。また、入力値に対して、対応する量やその式を記載すること。

この問題を解くための公式や方程式は、必ずワーキングシートに詳しく記述しなさい。最終的な解答のみでは採点されません。グラフを使用する場合は、解答用紙にグラフ用紙の番号を記載すること。この問題では、誤差の推定は必要ないことに注意すること。

次の4問を好きな順番で解いてよい。

課題 A.4

- A.4** 音源の初期位置 (x_A, y_A) すなわち時刻 $t = 0$ における点 A の座標をメートル単位で求めよ。 1.4pt

課題 A.5

- A.5** f_0, ω, R, v_s の値を求めよ。 2.1pt

課題 A.6

Experiment



Q2-4

A.6 β の値を度単位で求めよ。

2.0pt

課題 A.7

A.7 音源の軌道中心の初期位置 (X_C, Y_C) 、すなわち点 C の座標をメートル単位で求めよ。2.1pt

DELEGATION PRINT