

無料プログラム Scilab による蜃気楼の計算

2019年5月19日 室谷金義

まえがき

木下正博会長のホームページによれば、会長が富山大学の修士論文でまとめられたものをベースに魚津市の補助金を得て2001年から2007年まで、風向きや温度変化と蜃気楼の関係などを実測するなどの精力的な研究が行われてきた。

松井氏はホイヘンスの原理を使ったシミュレーション計算を行い、2014年から毎年当会議に報告されており、筆者も「光が曲がる目から鱗」の理論に遭遇し、蜃気楼の理解が漸く見えてきた。

本資料は無料プログラム Scilab を使い、屈折光の光跡を2次微分方程式の解として計算した結果をまとめ、筆者の蜃気楼理解度を皆様に披露するものである。

温度勾配と屈折光の関係

地球の表面は2次元で高さを y とし、水平距離方向を x として、(1) 式で近似される。

$$y = -\alpha \cdot x^2 \quad : \quad \alpha = 1/2R \quad (R \text{ は地球の半径}) \quad (1)$$

空気の密度 n と温度 t の関係は (2) 式の通りである。(松井氏論文より)

h は水面からの高さである。

$$n(x, h) = 1 + 0.00789 / \{273.15 + t(x, h)\} \quad (2)$$

光の進行(屈折光)は温度勾配があれば(3)式の2次微分方程式で表せる。

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{dn}{dy} \quad (3)$$

垂直方向の気温変化を図1に示す。

高さ5mの観測者から見た上位・下位蜃気楼の Scilab シミュレーション結果を図2・3に示す。

温度勾配が一定の場合は勾配がゼロとなる境界は不連続になるが、これを避けて(4)式の様に指数関数で表せるとものと仮定した。

折れ線の場合は Scilab では多項式近似が可能である。

$$t(h) = A \cdot e^{-h/L} + t_0 \quad (4)$$

図4は高さ5mの観測者が、10km先の実高さ10点を図1の温度モデル2ケースについての虚位置の高さ(10km先の地表面からの高さ)の計算結果を示したものである。

この図は蜃気楼の理解の一助となるであろう。

計算結果

木下会長の論文等から図1のような温度モデルを仮定した。

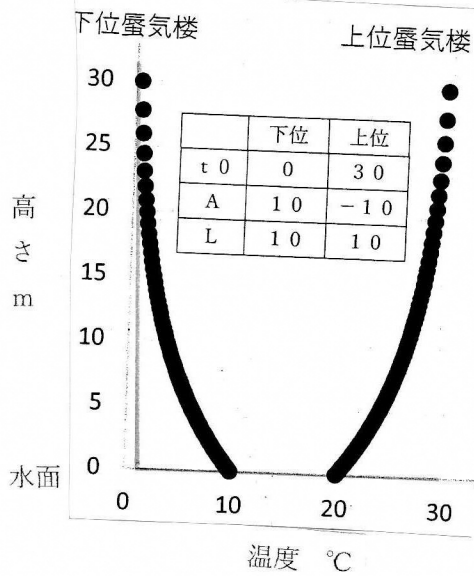


図1 上位と下位の温度分布

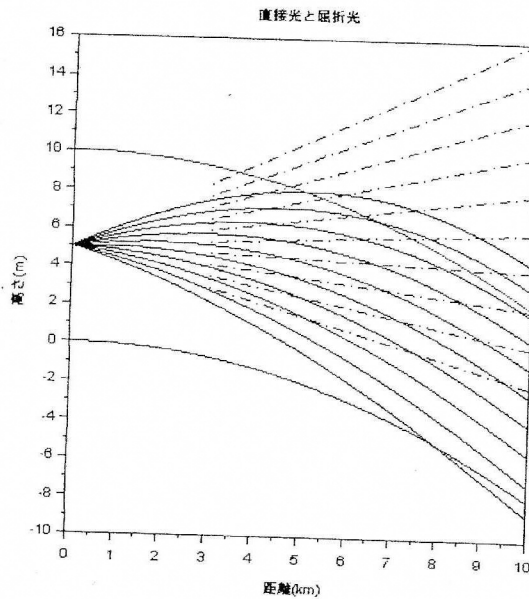


図2 上位曇気楼の光跡変化

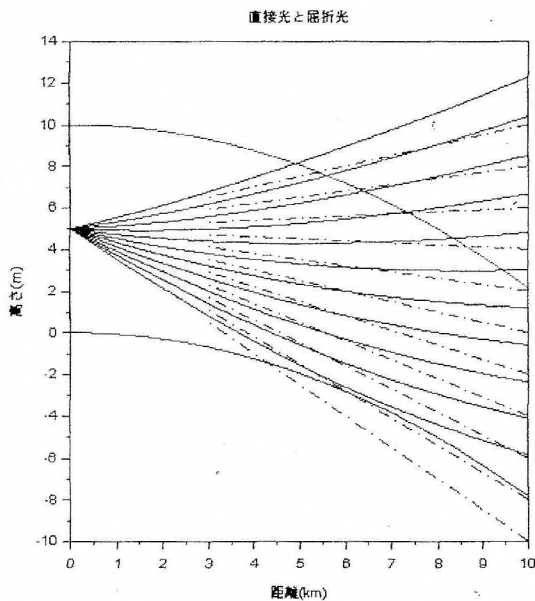


図3 下位曇気楼の光跡変化

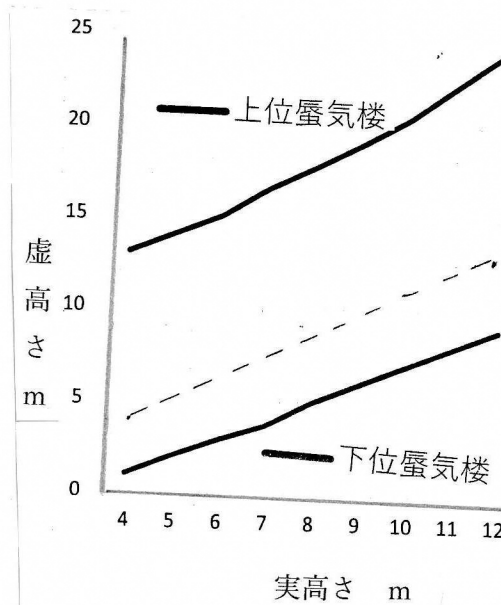


図4 実高さ と 虚高さ

Scilab について

Scilab は1990年からフランスで開発されたもので、その内容は有料のMATLABとほぼ同じであるが、無償で配布されている。

これを東北大学の名誉教授川上彰二郎氏の指導により小生のパソコンに入れて計算したが、取り扱いはかなりの困難が伴う。

筆者の10年来の念願であった、地球半径の実測は「この曇気楼研究の結果」琵琶湖での実測の目途が出来たので、5月中旬に出かける予定である。