

加速度を使わない 運動の法則

今野 滋

HTML で誰でも手軽に作成できる！

Introduction

- ▶ Newtonの運動方程式 v.s. 最小作用の原理
初学者にとって、どちらがわかりやすいか？
- ▶ そのままの動機：とある理論の説明に必要
- ▶ 偏微分 ∂ 不要！
運動の解を -グラフを手で動かして- 求める！
- ▶ HTML (+js) で書けるので、誰でも作れる！

Motivation

- ▶ 「ポテンシャル」の説明に詰まる
- ▶ 位置エネルギーから導入を進めると、
変動磁場の中の電子（電磁誘導）が
「エッシャーの階段」を登ることになり、混乱

▶ エネ



重要

Motivation

- ▶ 「ポ
- ▶ 位置
変動
- ▶ 「エ



混乱

- ▶ エネルギーよりも基本的な量を扱うことが重要

投げ上げと運動方程式

- ▶ 形式：物体の質量と加速度の積が、
その物体に作用する力の総和と等しい
⇒まず「加速度」が得られる
- ▶ 速度の変化 $v(t+dt) = v(t) - 9.8 dt$
- ▶ 位置の変化 $y(t+dt) = y(t) + v dt$
- ▶ 「ある瞬間の値がわかれば、次の瞬間の値も求

投げ上げと運動方程式

- ▶ 形式：物体の質量と加速度の積が、
その物体に作用する力の総和と等しい
⇒まず「加速度」が得られる
↑ **初学者には難解**
- ▶ 速度の変化 $v(t+dt) = v(t) - 9.8 dt$
- ▶ 位置の変化 $y(t+dt) = y(t) + v dt$
- ▶ 「ある瞬間の値がわかれば、次の瞬間の値も求

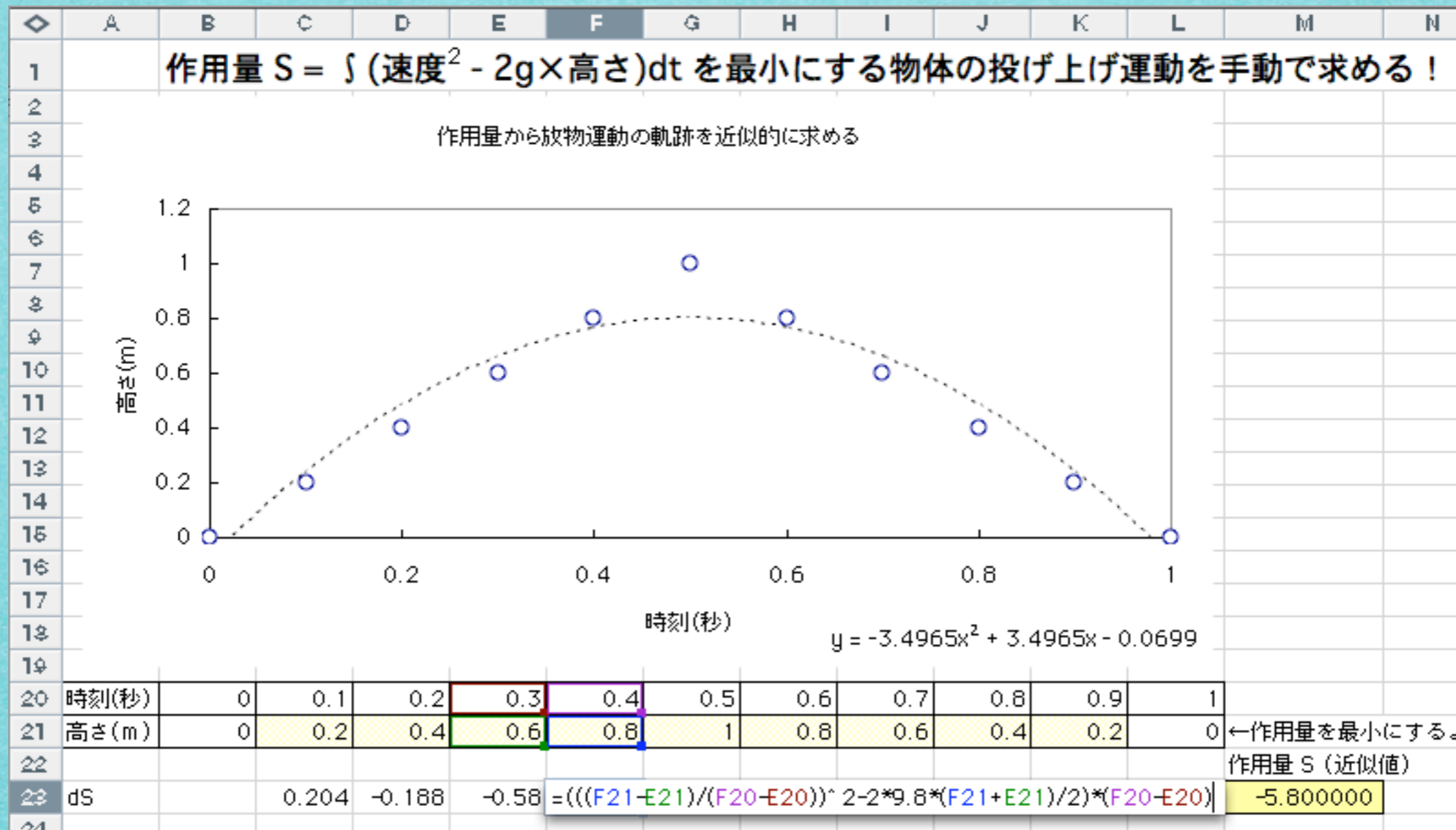
投げ上げと最小作用

- ▶ 形式：「ある量」を時間を追って足し重ねた値が最小となるよう自然は選択

- ▶ $S = \int (\text{速度}^2 - 2 \times g \times \text{高さ}) dt$ を最小に

- ▶ 偏微分 ∂ が必要なのでは？ \Rightarrow パソコンが解決

MS Excel を使った方法

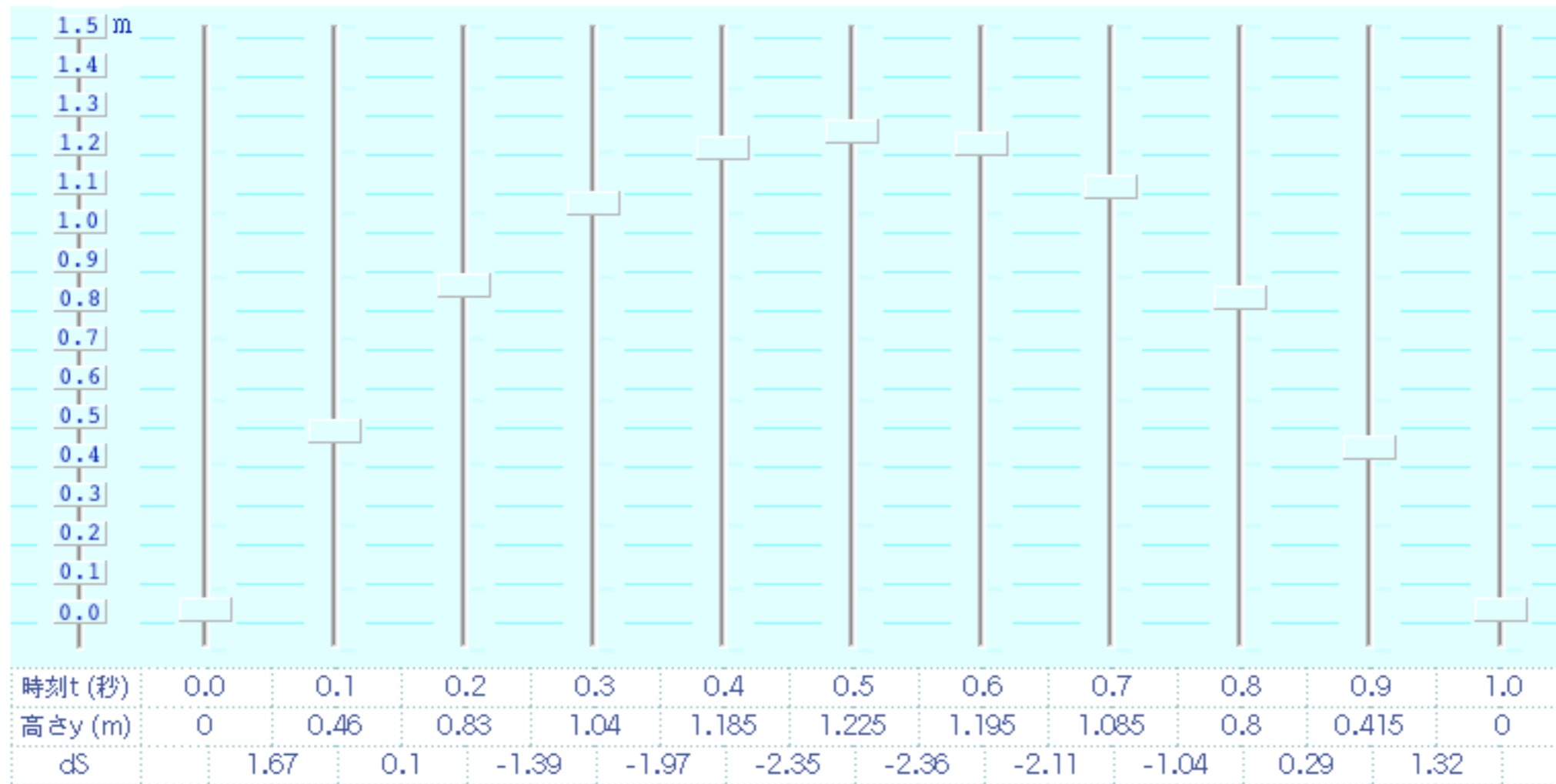


HTML で手軽に作れる

最小作用の原理を使って放物運動を求めます。S の値を最小にするようにスライダーを調節してください。両端の値は0とします。

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$$S = \int dS = \int (\text{速度}^2 - 2g \text{ 高さ}) dt = -7.8416$$



リセット

手軽になった理由

- ▶ HTML のフォームタグが新しくなった
スライダーなどの新機能が多数
計算処理も容易(処理の文法はJavaScript)
キーワード：**Web Forms 2.0**
- ▶ ブラウザは OPERA での実装が進んでいる

Summary

運動方程式

$$\frac{dv}{dt} = -g$$

$$\frac{dy}{dt} = v$$

V.S.

最小作用の原理

$$S = \int (v^2 - 2gy) dt$$

Winner!

初学者にも、わかりやすい
エネルギーよりも基本的な量
対称性が高いと扱いが有利