

CBR によって起こる授業の変化

CBR は操作が簡単で、授業計画の中にすぐに組み込むことができるという特徴を持っています。

CBR はこれまでのデータ収集器と比べて使用方法を大幅に簡素化したために、先生方に授業時間の見直しを促すことにもなります。生徒たちが現実のデータを使うことに、より熱心になってくるからです。

- 生徒たちはデータを収集する過程に実際に参加することで、教科書や雑誌、資料集などから取ったデータを利用する場合よりも、「自分のデータ」という意識を強く持つようになります。これは、授業で取り上げようとする概念が、単に抽象的なものでなく、実世界につながっていることを強く印象づけることにもなります。そして次に自分でデータを集めようという意欲にもつながるのです。
- CBR によるデータ収集は、定規やストップウォッチを使った手作業の計測よりもかなり効果的です。測定点の数が多く、距離センサーの精度が高いために、結果のグラフがより読みやすくなるからです。測定の時間を少なくし、考察の時間を多く取ることができるのです。
- CBR を用いると、繰り返し観察したり、「この場合ならどうか?」といろいろなケースを調べたりすることで、探究活動を深めることができます。「非常に高いところから落としても同じ2次関数で表されるだろうか」、「最初のバウンドの放物線と最後のバウンドの放物線は同じだろうか」などの疑問が自然に出てくるようになり、有意義な発展的考察も可能になります。
- グラフを目で見ても確かめられるので、収集したデータを物理的な性質や数学的な関数に結びつけることが容易になります。

また、実際のデータをいったん収集すれば、その他にもいろいろと加工することができるので、測定値の数値的・グラフ的な関係について、さまざまな探究が可能です。

グラフ的な探究

自動的に生成される、時間対距離・速度・加速度のグラフを使って、次のような探究活動ができます。

- そのグラフにおける y 切片、x 切片、傾き、最大値、最小値、導関数、定積分などの物理的な意味は何だろうか。
- 表示されたグラフが表す関数の種類 (1次関数、2次関数、...) は、どのようにすればわかるだろうか。
- データを代表する関数は、どのように定めることができるだろうか。表した関数 (たとえば、 $AX^2 + BX + C$) の各々の係数は何を意味するだろうか。

数値的な探究

収集したデータについては、生徒たちの学年に応じていろいろな統計的手法 (平均、メジアン、モード、標準偏差など) を適用することもできます。RANGER プログラムを終了すると、REALTIME=NO の設定で収集した時間、距離、速度、加速度のデータについては、どのリストに保存してあるかを画面に表示して知らせてくれます。

CBR のグラフがもたらす物理と数学の結合

収集したデータについて RANGER プログラムが作成するグラフは、物体の運動に関する物理と数学の関係を目に見える形で示してくれます。生徒たちがこのグラフについて、物理と数学両方の言葉で説明し、分析、議論することが望まれます。Y= エディタに関数を入力し、測定値のグラフと同時に表示すれば、さらに新たな議論や発見が可能になるでしょう。

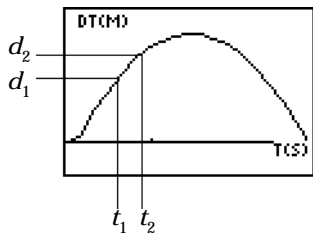
- 時間 - 距離のグラフは、ある瞬間における物体のおよその位置 (CBRから物体までの距離) を表しています。y 軸の単位はメートルまたはフィート、x 軸の単位は秒です。
- 時間 - 速度のグラフは、各測定時刻における物体のおよその速度 (CBRから遠ざかる方向を正とする) を表しています。y 軸の単位は m/秒 または ft/秒、x 軸の単位は秒です。
- 時間 - 加速度のグラフは、各測定時刻における物体のおよその加速度 (CBRから遠ざかる方向を正とする) を表しています。y 軸の単位は m/秒² または ft/秒²、x 軸の単位は秒です。
- 時間 - 距離のグラフにおいて、ある点の微分係数 (瞬間の傾き) はその時点での速度を表します。
- 時間 - 速度のグラフにおいて、ある点の微分係数 (瞬間の傾き) はその時点での加速度を表します。時間 - 距離のグラフにおける第2次導関数と同じです。
- 時間 - 速度のグラフにおいて、ある区間の定積分 (その区間でグラフと x 軸にはさまれた部分の面積) は、その区間 (時間の幅) における変位 (位置の変化) を表します。
- 速さと速度はよく混同して用いられますが、別々の性質のものです。速さはスカラー量で、大きさはありますが特定の向きを持ちません。単に「6 m/s の速さ」などといいます。一方、速度はベクトル量で、大きさだけでなく向きも持っています。「北向きに 6m/s の速度」などと使います。

CBR の時間 - 速度のグラフは、実際には「速度」ではなく「速さ」を表しています。大きさ (正、負、ゼロもあり) が表示されますが、正負によって一直線上の向きだけは表しています。正の場合は CBR から遠ざかる方向、負の場合は CBR に向かう方向です。

CBR が測定する距離は、センサーから一直線上だけです。したがって、物体が斜めに運動する場合、速度はセンサーから出た一直線の平行な成分のみが計測されます。たとえば、物体がこの直線に垂直に運動するとき、CBR は速度ゼロと表示します。

先生用ガイド (つづき)

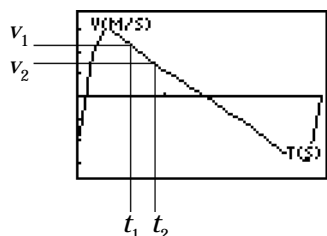
数学的な距離・速度・加速度



時間-距離のグラフ

$$\text{平均速度 } V_{\text{average}} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \text{時間-距離のグラフの傾き}$$

$$\text{瞬間速度 } V_{\text{instantaneous}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta d}{\Delta t} \right) = \frac{ds}{dt} \quad \text{ここで, } s \text{ は距離。}$$



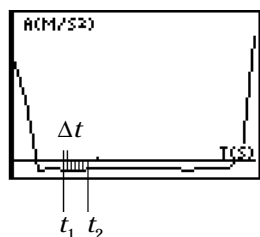
時間-速度のグラフ

$$\text{平均加速度 } A_{\text{average}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \text{時間-速度のグラフの傾き}$$

$$\text{瞬間加速度 } A_{\text{instantaneous}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right) = \frac{dv}{dt}$$

時刻 t_1 から t_2 における時間-速度のグラフと x 軸の間の面積は、 t_1 から t_2 における変位 (位置の変化) $= \Delta d = d_2 - d_1$ を表します (進んだ道のりではありません)。

$$\text{よって, } \Delta d = \sum_{t=t_1}^{t_2} v \Delta t \quad \text{または} \quad \Delta d = \int_{t_1}^{t_2} v dt$$



時間-加速度のグラフ

Web サイトの情報

<http://www.ti.com/calc> には、以下のような情報があります。

- CBR, CBL, TI グラフ電卓に関する補助教材
- CBR, CBL, TI グラフ電卓に関するプログラム集
- 先生方の開発した学習活動の事例集
- CBR の付加機能を使うためのプログラム
- より詳細な CBR の設定とプログラム命令集

その他の教材

TI 社の " *Explorations* " シリーズは、グラフ電卓に関連した副教材集で、中学校・高等学校の理科や数学の授業に適した CBR の学習活動も掲載しています。