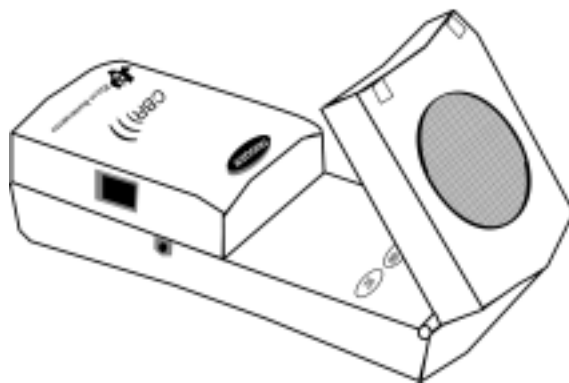


# 目次



---

## はじめに

CBR とは?	2
CBR を始めよう — ステップ 1, 2, 3	4
データ収集のためのヒント	6

---

## 学習活動例（先生用メモ・生徒用ワークシート付き）

📱 学習活動 1 — グラフにマッチ	1次関数	13
📱 学習活動 2 — おもちゃの自動車	1次関数	17
📱 学習活動 3 — 振り子	三角関数	21
📱 学習活動 4 — バウンドするボール	2次関数	25
📱 学習活動 5 — 斜面を転がるボール	2次関数	29
先生用ガイド		33

---

## 技術情報

CBR のデータとグラフ電卓のリスト	37
RANGER プログラムの設定	38
CBL や CBL プログラムを利用する方法	39
プログラム命令	40

---

## サービス情報

電池について	42
困ったときには	43
TI の製品情報と保証について	44

---

RANGER メニューマップ

裏表紙の内側

## CBR™ (Calculator-Based Ranger™)は

音波による距離センサーで  
TI-82, TI-83, TI-85/CBL, TI-86, TI-92 と一緒に使うと  
実データの収集と分析が教室でできるようになります。  
使用法は簡単で  
プログラミングは不要です。

## RANGER プログラム内蔵

多機能な RANGER プログラムをボタン1つで電卓に転送します。  
表示された距離や速度に合わせた動きを考える MATCH プログラム  
ボールの跳ね返りを調べる BOUNCING BALL プログラムが  
RANGER プログラムに組み込まれています。  
測定の初期設定も簡単です。

### CBR の働き

CBR と TI のグラフ電卓を用いると、運動する物体のデータを収集、グラフ化、そして分析することができます。面倒な測定や、手作業のグラフが不要になります。

CBR があれば、実際の運動から得られたデータを用いて、距離・速度・加速度と時間との数学的な関係を調べることができます。数学や物理に関する、次のような概念を探究することができるのです。

- 物体の運動...距離, 速度, 加速度
- グラフ...座標軸, 傾き, 交点
- 関数...1次関数, 2次関数, 指数関数, 三角関数
- 微分積分...導関数, 定積分
- 統計とデータ分析...データ収集法, 統計的分析

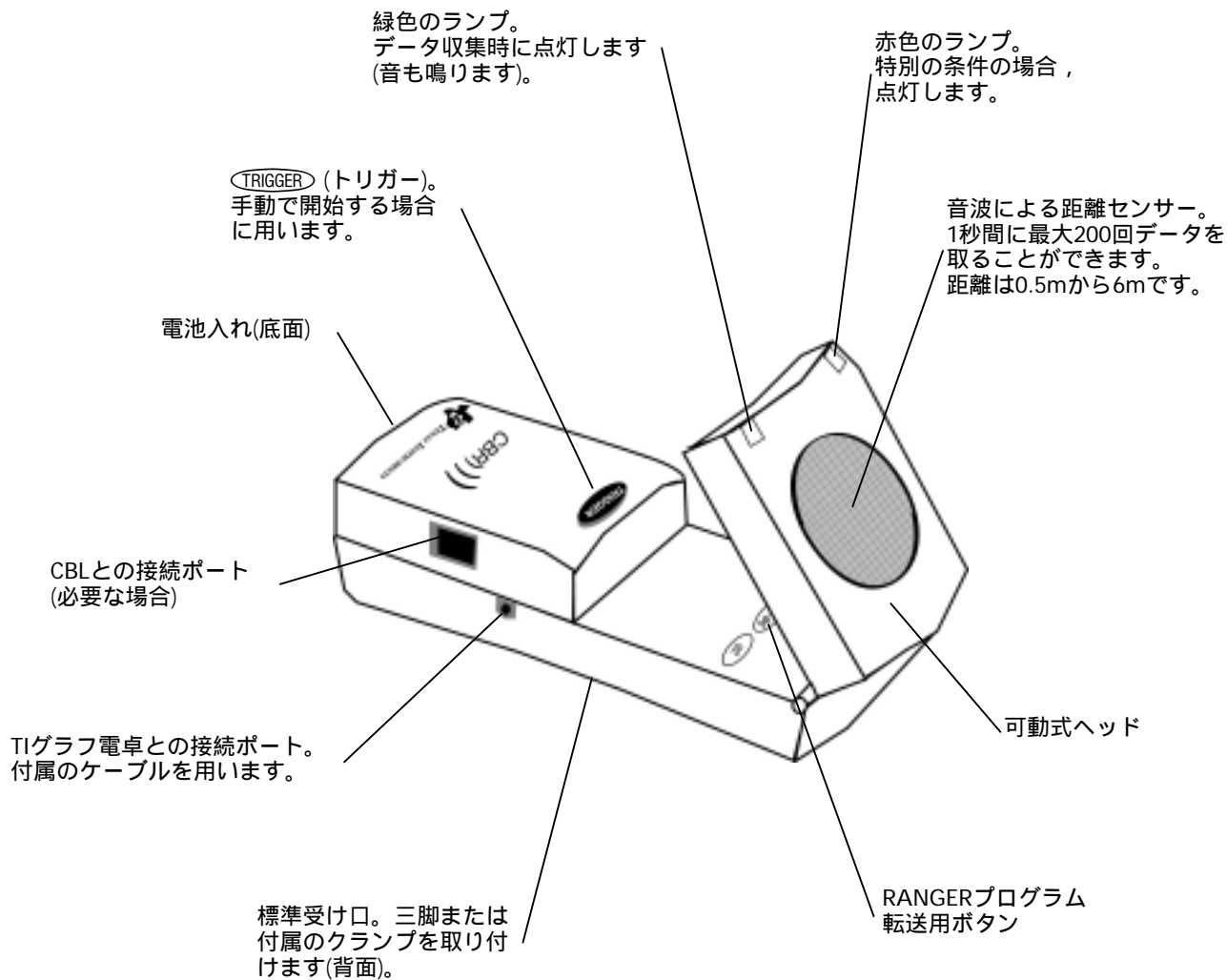
### この本の概要

この本は、グラフ電卓やプログラミングにあまり経験のない方を対象とした入門書です。CBR をすぐに使い始めるための説明、効果的なデータ収集のためのヒント、そして、物体の運動に関する関数やその性質を探究するための5つの学習活動(実験)から成っています。学習活動の項(13-32ページ参照)は、次のような内容を含んでいます。

- 各活動に対する先生用メモ、および一般的な先生用情報
- 1ステップごとの指示
- どの学年の生徒にも適する基本的なデータ収集法
- より詳細にデータを調べる探究法。「もし...だったら」と考える学習
- 基礎解析や微分積分コースの生徒に適した、進んだ話題
- 広い範囲の学年に適した、「オープン・エンド」な問いを含む生徒用ワークシート

## 2 始めよう CBR

## CBRとは? (つづき)



CBRには教室で簡単にすぐ学習活動を始められるように、すべてのものが含まれています。—あとはTIグラフ電卓(と学習活動のための小道具)を用意するだけです。

- 音波による距離センサー
- グラフ電卓-CBR 接続ケーブル
- 取り付け用クランプ
- RANGER プログラム
- 単3乾電池 4本
- 5つの学習活動例

# CBRを始めよう — ステップ 1, 2, 3

CBRでは、最初のデータを集めるまで次の3ステップを踏むだけです。

## 1

### 接続

CBR と TI グラフ電卓を接続ケーブルでつなぎます。

ケーブルの両端はしっかりと差し込んでください。

Note: グラフ電卓に付属する短いケーブルでもかまいません。



## 2

### プログラムの転送

各種のグラフ電卓用に用意されたプログラム RANGER が、CBR 内に準備されています。次のような簡単な操作で、CBR から電卓に転送することができます。

まず、電卓をプログラムの受信状態にします (下のキー操作参照)。

TI-82 と TI-83	TI-85/CBL と TI-86	TI-92
[2nd] [LINK] [▶] [ENTER]	[2nd] [LINK] [F2]	基本画面

つぎに CBR の可動ヘッドを開き、該当する機種 of プログラム転送ボタンを押します。

82/83

85/86

92

転送中、電卓には RECEIVING と表示されます (TI-92を除く)。転送が終わると CBR 上の緑色のランプが1回点滅して1回ピーブ音を鳴らし、電卓上に DONE と表示されます。何か問題があるときには CBR 上の赤色のランプが2回点滅し、ピーブ音が2回鳴ります。

一度 CBR から RANGER プログラムを電卓に転送すれば、電卓のメモリから消去しない限り、同じ電卓に再び転送する必要はありません。

Note: RANGER プログラムには約17,500 バイトのメモリが必要ですので、場合によっては電卓のメモリからプログラムやデータを消去する必要があることもあります。電卓のプログラムやデータは、TI-Graph Link™ を使ってパソコンに保存することができます。また、グラフ電卓接続ケーブルを用いて他の電卓に保存することもできます (電卓のガイドブック参照)。

## 3

### プログラムの実行

以下のような操作によって、RANGER プログラムを実行します。

TI-82 と TI-83	TI-85/CBL と TI-86	TI-92
[PRGM] を押す。 RANGER を選択し、 [ENTER] を押す。	[PRGM] [F1] と押す。 RANGER を選択し、 [ENTER] を押す。	[2nd] [VAR-LINK] と押す。 RANGER を選択し、 [ ] [ENTER] と押す。

開始画面が表示されます。

[ENTER] を押すと、MAIN MENU が表示されます。

MAIN MENU	
SETUP/SAMPLE	→ 種々の設定の確認・変更。その後データ収集。
SET DEFAULTS	→ 初期設定に戻し、その後データ収集。
APPLICATIONS	→ DISTANCE MATCH, VELOCITY MATCH, BALL BOUNCE
PLOT MENU	→ 範囲の選択などグラフに関するオプション。
TOOLS	→ GET CBR DATA, GET CALC DATA, STATUS, STOP/CLEAR
QUIT	

MAIN MENU から SET DEFAULTS を選択すると、SETUP 画面が表示されます。

[ENTER] を押して START NOW を選択してください。何かの距離を測定する用意をし、[ENTER] を押すとデータ収集が始まります。こんなに簡単です。

#### 注意

この本にある5つの学習活動のいずれかを試してみてください。具体的な様子がわかります。

- この本は CBR を利用可能なすべての TI グラフ電卓に対応していますので、この本のメニュー項目が読者の電卓の画面と一致しない場合もあります。
- 実験を行う際、CBR を安全に固定し、コードにつまづかないように注意してください。
- プログラムの途中で QUIT を選択すると、いつでも RANGER プログラムを中止することができます。その際 RANGER プログラムは CBR を適切に切断し、次に使用するとき支障がないように処理します。
- CBR と電卓はいつでも接続ケーブルをはずすことができます。

# データ収集のためのヒント

## よりよい標本の取り方

### CBR の動作

音波による距離センサーの動作を知ることは、よりよいデータを得るのに役立ちます。距離センサーは、超音波を発信し、それが対象の物に跳ね返って戻って来るまでの時間を測っています。

CBR は他の距離センサーと同様に超音波のパルスを出し、その最初の反響が戻るまでの時間を計るだけでなく、内蔵のマイクロプロセッサによって、さらに次のような処理を続けます。まずデータを収集すると、音の速さを用いて CBR から対象物までの距離を計算します。さらに、時間に関する距離の第1次、第2次導関数を計算し、速度と加速度を求め、時間、距離、速度、加速度の順に、リスト L1, L2, L3, L4 に保存します。

CBR が実行するのと同じ計算を、紙と鉛筆でやってみるのも面白い学習活動になります。

- ① REALTIME=NO のモードでデータを集め、RANGER プログラムを終了します
- ② L1 に入っている時刻のデータと L2 にある距離のデータを用い、下の式にしたがって各時刻における速度を計算し、結果を L3 に入っているデータと比較してみてください。

$$L3_n = \frac{(L2_{n+1} + L2_n)/2 - (L2_n + L2_{n-1})/2}{L1_{n+1} - L1_n}$$

- ③ L1 に入っている時刻のデータと L3 にある距離のデータ(または上で計算した値)を用いて、各時刻における速度を計算し、結果を L4 に入っているデータと比較してみてください。(上の式で L2 を L3 に変えればよい。)

### 対象物の大きさ

測定する対象が小さいと、CBR から離れたとき正確に測れないことがあります。たとえば、5mの距離にあるサッカーボールは、ピンポン球よりずっと測定しやすくなります。

### 測定距離の最小値

CBR がパルスを発すると、対象物に当たって跳ね返り、再び CBR がそれを受け取ります。対象物までの距離が 0.5m 以下であると、次のパルスが重なって CBR が正しく計測できないことがあります。不正確なグラフが表示されることになるので、CBR は対象から少なくとも 0.5m 離してください。

### 測定距離の最大値

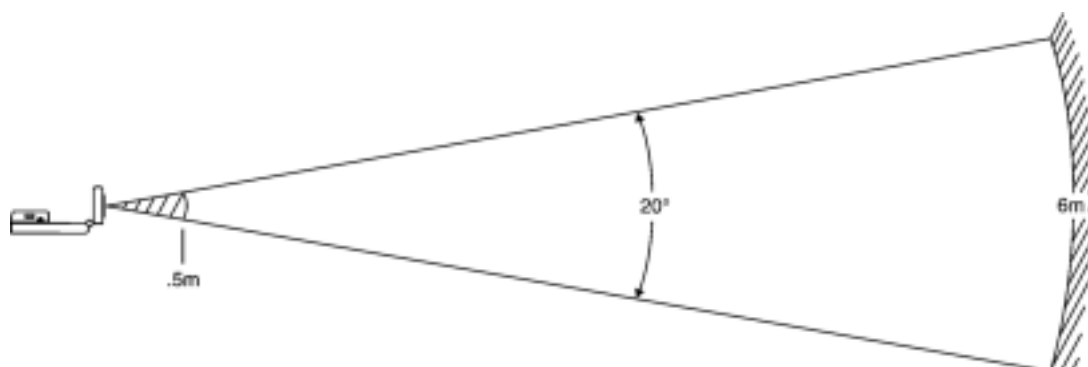
パルスは空中を伝わる間に弱くなります。パルスが約12m (CBR から対象物まで 6m, CBRに戻ってくるのに6m)進むと、弱くなりすぎて CBR が正しく検知できなくなります。したがって、CBR から対象物までの測定距離は、およそ6m以下ということになります。

# データ収集のためのヒント (つづき)

## クリアゾーン

CBR から発する超音波はペンのように細いビームではなく、最大 $10^\circ$ の開きをもつ円錐形のビームです。

そこで、対象物以外のものからの影響を避けるために、CBR の発するビームの方向に下図のような「クリアゾーン」を設けることをお勧めします。ここに対象物以外のものを何も置かないことによって、CBR に最も近い物体までの距離を測定することができるのです。



## 対象物の表面

物体の表面にはパルスをよく反射するものとそうでないものがあります。たとえば、比較的硬い滑らかな表面のボールは、テニスボールよりよい結果が得られます。しかし反対に、硬い面を持つものがいっぱいの部屋で取ったデータは、道に迷ったようなグラフになりがちです。また、おもちゃの自動車や、電卓を手にして歩く人間のように表面が平らでないものを測定すると、でこぼこのデータになります。

動かない物体を測定すると、内部で計算される距離の値にわずかな違いが出ることがあります。こうした値がグラフ上で異なるピクセルに表示されると、期待した直線がレーダー画面のように一部が飛び出た形に見えます。時間 - 速度で表示すると、グラフはもっとぎざぎざになります。時間当たりの距離の差が、定義によって速度であるからです。CBR では、ある程度データを滑らかに (スムージング、9ページ参照) することができます。

# データ収集のためのヒント (つづき)

## RANGER プログラムの設定

ここでは RANGER プログラムの MAIN MENU のうち、SETUP/SAMPLE、SET DEFAULTS で扱う各種の設定について説明しています。

### 測定時間

TIME の項は測定にかかる合計時間を秒で表します。値は整数で、1秒 (速い運動の場合) から99秒 (遅い運動の場合) の間に限ります。REALTIME=YES の設定になっていると、TIME はつねに 15 秒となります。

TIME が小さな値 (測定時間が短い) の場合、対象物までの距離も小さくしなければなりません。たとえば TIME=1秒のとき、対象までの距離は1.75m以下にしてください。

### 測定の開始と終了

RANGER プログラムの SETUP 画面では、測定の開始・終了について3つの選択ができます。BEGIN ON という項目です。

- BEGIN ON: [ENTER] の場合  
測定の開始・終了は電卓の **[ENTER]** で行います。操作する人が電卓の付近にいるときに便利です。
- BEGIN ON: [TRIGGER] の場合  
測定の開始・終了は CBR の **(TRIGGER)** ボタンで行います。操作する人が CBR の付近にいるときに便利です。  
この設定のときには電卓と CBR を切り離すこともできます。設定後接続ケーブルをはずし、CBR を対象物の近くに持っていき、**(TRIGGER)** ボタンを使って測定し、再び接続し、電卓の **[ENTER]** を押してデータを転送するという使い方ができるわけです。ケーブルが短すぎたり、測定のじゃまになったりするときには BEGIN ON: [TRIGGER] の設定を利用してください。ただし、REALTIME=YES のモードの場合 (MATCH プログラムなども) は利用できません。
- BEGIN ON: DELAY の場合  
**[ENTER]** を押して10秒後に測定を開始します。操作する人が1人のときに便利です。

### TRIGGER (トリガー) ボタン

CBR の **(TRIGGER)** ボタンは、プログラムの設定に応じて次のような働きをします。

- たとえ設定が BEGIN ON: [ENTER] または BEGIN ON: DELAY になっていても、**(TRIGGER)** により測定を開始することができます。終了もできますが、普通は自動的に終わるまで待ってください。
- 設定が REALTIME=NO の場合、測定終了後 **(TRIGGER)** を押すと、最後の設定にしたがって測定を繰り返しますが、自動的にデータを電卓に転送はしません。このデータを転送するには、MAIN MENU から TOOLS を選択し、さらに GET CBR DATA を選択します。(PLOT MENU から REPEAT SAMPLE を選ぶか、SETUP 画面から START NOW を選択すれば、測定を再び繰り返すことができます。)



# データ収集のためのヒント (つづき)

## スムージング

測定時の雑音や距離測定の誤差などの影響を除くために、RANGER プログラムにはグラフを滑らかにする「スムージング」の機能が用意されています。ただ、スムージングの行き過ぎを避けるために、まずスムージングなし、または LIGHT (軽く)から始め、十分な結果が得られるまで MEDIUM (中程度)、HEAVY (強く)と順に進めてください。

- 測定時の雑音が比較的多く見込まれる場合には、測定前にあらかじめ SETUP 画面でスムージングの程度を上げておくことができます (38ページ参照)。
- 既に収集したデータに対しては、REALTIME=NO の設定の場合に限りスムージングを施すことができます。電卓と CBR を接続しておき、PLOT MENU から PLOT TOOLS を選択します。さらに SMOOTH DATA を選び、必要なスムージングの程度を選択します。

## 雑音—その原因と取り除き方

測定したい対象以外のものから跳ね返ってきた信号を CBR が受け取ると、グラフ上では不規則な点(とがった波形)となって現れ、運動の全体的な様子を表すパターンに一致しません。こうしたノイズを最小限にするには、次のような方法があります。

- CBR を真っ直ぐ対象に向けてください。REALTIME=YES の設定にし、ヘッドを動かして良い結果が得られるようになってから、REALTIME=NO の設定に変えて測定してください。
- できるだけ物のない空間で測定してください (7ページの「クリアゾーン」参照)。
- できるだけ大きく、反射しやすいものを選び、CBR のできるだけ近くで測定してください (ただし、0.5m以上離します)。
- 複数の CBR を使う場合には、1つのグループが測定を終わってから次のグループが測定するようにしてください。
- REALTIME=YES の設定で雑音が多い場合、SETUP 画面でスムージングの程度を徐々に上げてから測定し直してみてください。(DISTANCE MATCH, VELOCITY MATCH, BALL BOUNCE の各プログラムではスムージングの変更はできません。)
- REALTIME=NO の設定で雑音が多い場合、既に収集したデータに対してスムージングを適用してみてください。

## 音の速さ

対象物までの距離は、標準的な音の速さに基づいて計算しています。しかし音速はいろいろな条件によって変化し、その最も大きい要素は空気の温度です。相対的な距離を測定する運動ではあまり重要ではありませんが、高い精度が必要な場合に備えて、周囲の温度を設定できる命令も用意されています (40 - 41ページ参照)。

# データ収集のためのヒント (つづき)

## REALTIME=YES

REALTIME=YES の設定は、次のような場合に用います。

- 対象物の運動がゆっくりしているとき
- データの収集と同時に結果を表示したいとき
- 距離、速度、加速度のうち一種類だけのデータが必要なとき

REALTIME=YES の設定では、1回距離を測定するたびに距離、速度、加速度のうち求められた種類のデータを CBR が処理し、電卓に転送します。RANGER プログラムは測定1回につき1つのピクセルに点を打っていきます。

1つのパルスごとに、次のパルスまでの間に処理をするので REALTIME=YES での測定の間隔には限界があります。

1つのパルスごとの測定、計算、転送だけで約0.080秒かかります。また電卓側での点の描画などにも時間がかかるため、RANGER プログラムでの有効な測定間隔は約0.125秒となります。

## REALTIME=NO

REALTIME=NO の設定は、次のような場合に用います。

- 対象物の運動が速いとき
- スムージング (9ページ参照) が必要なとき
- CBR を電卓から切り離して使用するとき (11ページ参照)
- 距離、速度、加速度すべてのデータが必要なとき

REALTIME=NO の設定では、データは CBR に蓄積され、測定がすべて終了するまで電卓には転送されません。したがって、近距離の物体であれば、測定間隔は 0.005秒まで小さくすることができます。測定終了後、時間、距離、速度、加速度のデータが電卓に転送されます。

データは CBR に貯えられているので、繰り返し電卓に転送することができます。

- スムージングの程度を変更すると CBR はそのたびにデータを転送し直し、スムージングを施した値が新たにリストに保存されます。
- グラフの範囲を変更 (PLOT TOOLS から SELECT DOMAIN を選択) すると電卓のリストの中のデータが更新されますが、必要なら CBR からもとのデータを復元することもできます。MAIN MENU から TOOLS を選択し、TOOLS メニューから GET CBR DATA を選べば OKです。
- 種類の異なる TI のグラフ電卓でも、CBR のデータは共有することができます。違う機種を持つ人とも同じデータを用いて学習活動を行うことができるわけです (11ページ参照)。

# データ収集のためのヒント (つづき)

## CBR を電卓と切り離して使う方法

電卓と切り離している場合、CBR はデータを直ちに転送することができないので、SETUP 画面で次のような設定が必要です、

- REALTIME=NO
- BEGIN ON=[TRIGGER]

RANGER プログラムは、CBR の切り離しと再接続のタイミングを指示しますので、その他特別な操作は必要ありません。

## データの共有

クラス全体が同じデータを分析したい場合、CBR があれば REALTIME=NO の設定で収集したデータは直ちにクラス全員に配布することができます。

- ① データ収集に先立って全員の電卓に RANGER プログラムを転送しておきます。
- ② REALTIME=NO の設定でデータを収集します。
- ③ 最初の生徒の電卓に、接続ケーブルを用いて CBR を接続します。
- ④ RANGER プログラムの MAIN MENU から TOOLS を選択し、TOOLS メニューから GET CBR DATA を選びます。TRANSFERRING... と表示され、次いでグラフが現れます。
- ⑤ **[ENTER]**を押して PLOT MENU に戻り、QUIT を選択します。その後ケーブルをはずします。
- ⑥ データを得た電卓に同じ機種種の電卓を接続します。データを受け取る側の電卓で RANGER プログラムの MAIN MENU から TOOLS を選択し、TOOLS メニューから GET CALC DATA を選びます。送信側の電卓に対する指示が出ますから、用意ができれば **[ENTER]**を押します。リスト L1, L2, L3, L4, L5 が自動的に転送されます。
- ⑦ 電卓から電卓への転送の一方で CBR から他の生徒の電卓にも転送すれば、短時間で転送が終わります。

いったん全員にデータを転送すれば、RANGER プログラムの PLOT MENU や、電卓のリストやグラフの機能を使って各人がそのデータを分析することができます。

TI-85 にあるデータの共有には、RANGER プログラムではなく電卓の LINK 機能を使ってリストを転送してください。

# データ収集のためのヒント (つづき)

## データのより高度な活用法

RANGER プログラムを使ってデータを収集し、グラフにすれば、それを関数と結びつけて探究することができます。データはリストに保存され、統計プロットとして表示されていますから、電卓の **[TRACE]**、**[GRAPH]** や **[Y=]** などの機能を利用することができるわけです。

### RANGER プログラムでできること

- RANGER プログラムでグラフを表示すると自動的に TRACE モードが設定されます (TI-85 では自由カーソルになります)。
- スムージングや表示範囲の変更などができます。

### RANGER プログラム終了後にできること

- 電卓のリストエディタを使って、データを調べることができます。
- Y= エディタを使って、データにフィットする関数を自分で探すことができます。
- 電卓の回帰機能を用いて、データにフィットする関数を探すことができます。

RANGER プログラムの PLOT メニューではできないような探究も可能です。たとえば、電卓の統計プロット機能を使って、時間 距離、時間 速度のグラフを同時に表示することなどです。

RANGER プログラムの MAIN MENU から QUIT を選択し、電卓の Plot1 を L1 と L2 の表示、Plot2 を L1 と L3 の表示にすればよいわけです (ただし、Window の調整が必要です)。

データとグラフは TI-Graph Link を使ってパソコンに転送することもできます。生徒が学習活動についてより複雑なレポートを作成する場合に、特に便利です。

## RANGER プログラムなしで CBR を使う方法

CBR を単に距離センサーとして CBL とともに使う方法や、RANGER プログラム以外のプログラムで使用する方法もあります。

- CBR を CBL とともに使う方法は、39ページ参照。
- 他のプログラムや学習活動例の入手方法は、36ページ参照。
- 独自のプログラムを作成するためのプログラム命令については、40 - 41ページ参照。