

Jによる太陽系惑星グラフィックス —トレミー、コペルニクス、ケプラーの天文学を パソコン上で体験する—

西川 利男

先日(10月13日)、日本技術史教育学会、新潟大会で下記のような講演をした。

「力」ではなく、「運動」で始める力学

—力学の真の理解と教育に向けて—

会場での発表には、ふつうのパワーポイントではなく、JのLabシステムを使用した。これは文書の表示だけでなく、Jのプログラムを実際に実行して見せることができるので、より現実感のあるプレゼンテーションが可能となるからである。

ここでは、トレミーの天動説、コペルニクスの地動説、ケプラーの面積速度一定の法則などを、計算のみならず、グラフィックス・シミュレーションとして示した。そのプログラムと実行のようすをお目にかける。

1. 天動説から地動説へ[1]

地球を中心に太陽や星が回る天動説は古代ギリシャの天文学者ヒッパルカス、ユードクサスらによって始められて、アリストテレスにより認められ、権威付けられた。

その後、古代アレキサンドリアのトレミー(プトレマイオス)により、いろいろな周転円が追加され、天動説は精緻化され、中世の教会公認の天文学としてあり続けた。

しかし、コペルニクス、ケプラー、ガリレオらによる地動説は人々の考え方を根底から変え、ルネッサンス合理主義の第一歩となった。そしてニュートン力学として、今日の宇宙時代まで続いていくことになる。

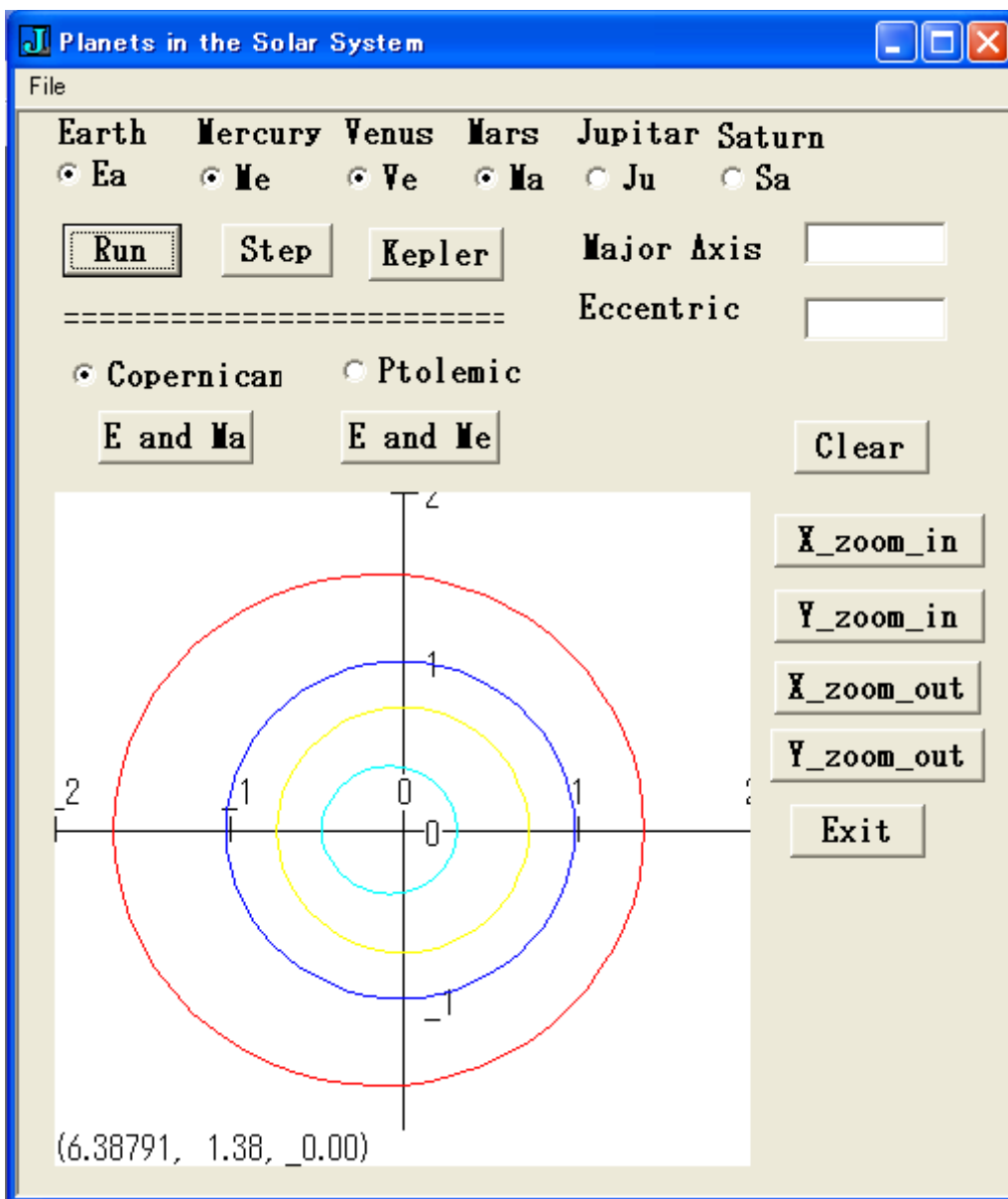
2. 太陽系惑星グラフィックス

太陽系惑星の楕円軌道パラメータは次のフレッド・ホイルの本[1]p.7の値を用いた。

惑星	色表示	長軸(地球を基準とする)	離心率
水星(Mercury)	水色	0.387	0.2056
金星(Venus)	黄色	0.723	0.0068
地球(Earth)	青色	1.000	0.0167
火星(Mars)	赤色	1.524	0.0933
木星(Jupiter)	緑色	5.203	0.0484
土星(Saturn)	紫色	9.539	0.0558

- [1] フレッド・ホイル、中島龍三訳
「コペルニクスーその生涯と業績」法政大学出版局(1974).

(1) 地球を含む太陽系惑星の公転軌道の表示



あらかじめ、各惑星をラジオボタンにより選択する。
ボタン[Run]をクリックすると、軌道を描く。ボタン[Step]をクリックすると、時間ごとに描く。

これで分かるように、地球(青)の離心率は小さく円に近いが、火星(赤)の離率はやや大きいので、楕円となる。火星の軌道が楕円であることが、ケプラーの地動説計算のキー・ポイントになった。

なお、長軸(Major Axis, a)と離心率(Eccentricity, e)に値を入力して行うこともできる。何も選択しないときは、デフォルト値 $a = 1$, $e = 0.5$ になっている。

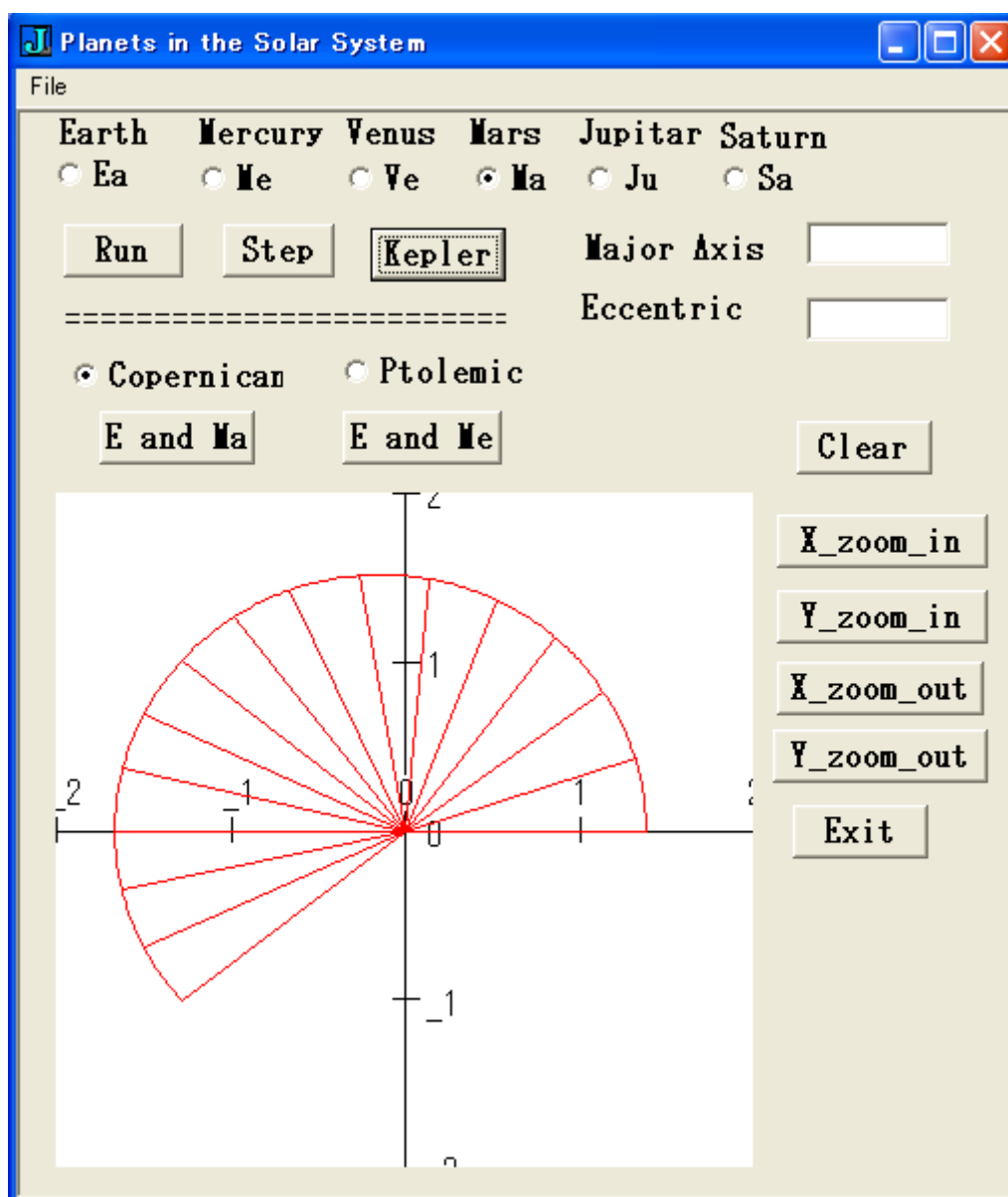
(2) ケプラーの面積速度の法則による公転軌道の表示

ケプラーの第2法則:

一定の時間内に天体と公転軌道の中心とを結ぶ動径によって描く面積(=楕円内で掃きだす面積)は一定となる。

ボタン[Kepler]をクリックすると、ケプラーの法則に従って面積速度一定の軌道を描く。

面積速度一定の法則は、角運動量保存則と同じことを述べていることになり、この考え方は量子力学まで含めた現代物理学の基本原理の一つとなっている。



(3) 地動説と天動説の比較

ラジオボタンで[Copernicus]地動説か、[Ptolemy]天動説か、いずれかを選択する。

(3.1) 地動説(太陽を中心)の場合

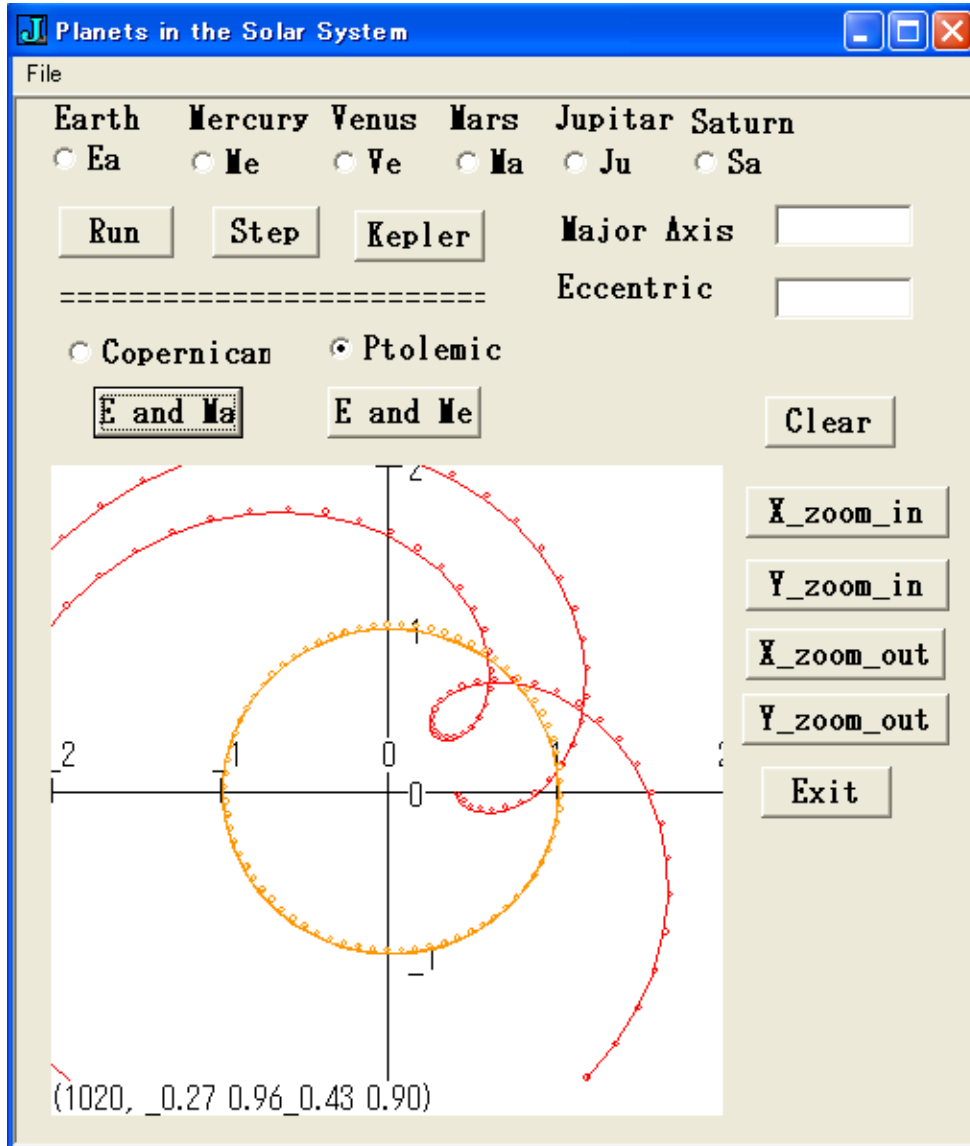
ボタン[E and Ma] 地球と火星との軌道を描く。

ボタン[E and Me] 地球と水星との軌道を描く。

(3.2) 天動説(地球を中心)の場合

ボタン[E and Ma] 太陽と火星との軌道を描く。(下図)

ボタン[E and Me] 太陽と水星との軌道を描く。



地球からの太陽の見かけの軌道(橙色)は円である。つまり、地動説も天動説も相対的な見え方の差で、これだけでは両者を区別できない。

一方、地球からの火星の見え方(赤色)はこのように「らせん」状であり、これが順行、逆行として観測されることになる。また、地球から火星までの距離は大きく変化し、火星の見かけの大きさが変わるという観測結果をよく説明している。