



# 科学の眼

まなこ

発行: 姫路科学館 (〒671-2222 姫路市青山 1470-15 電話: 079-267-3961)  
<https://www.city.himeji.lg.jp/atom/>

## 天文シリーズ

計算能力の向上が切り開く宇宙の姿

# 天文学とコンピュータ

Astronomy with Computers

姫路科学館 学芸・普及担当 秋澤 宏樹

皆さんは自動車で出かける時、時速40kmで行けば80km先の目的地には2時間後に到着する、そんな計算を日常的にしているはずですが。速度（時間）と距離（空間）の最も単純な関係です。しかし現実には、交通信号や渋滞等の道路事情によって刻々と自動車の速度は変化をしますから、予定よりも時間がかかったりする訳です。刻々と変化する瞬間の速度を時間で積分すると実際の走行距離になります（図1）。瞬間の速度に影響するのは信号機のタイミングや渋滞状況なので、それらをパラメータ（媒介変数）としてより緻密な計算を行えば、現実に近い結果を得ることができます。そうした計算を大規模に高度化したものが現代のコンピュータによる数値シミュレーションです。

### ■古典力学

そもそも時間と空間の関係を、現代につながる数学で最初に記述したのが、イギリスのニュートン（Sir Isaac Newton, 1642-1727）です。ニュートンは物体の運動を考察し、木から落ちるリンゴも、太陽を回る惑星も、時間の経過と物体の位置の変化を表す運動方程式によって記述することに成功しました。

惑星の軌道から銀河の衝突まで、宇宙の様々な規模の天体の運動を計算する基礎を築いたのが古典力学であり、現代の多くの科学の土台となっています。

### ■ラプラスの悪魔

こうして計算で様々な現象を再現できるようになると、フランスの数学者であり天文学者のラプラス（Pierre Simon Laplace, 1749-1827）は、ある瞬間における全ての原子の位置と運動量を知る存在がいたと仮定すると、物理法則を用いてその後の状態を全て計算し、未来を完全に予測することができると著書に記しました。この仮定された存在をラプラスの悪魔と呼んでいます。計算による未来予測への野心に満ち溢れた見解かと思えます。

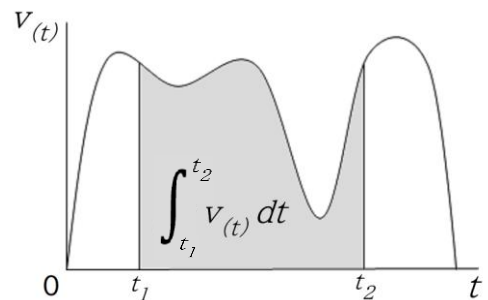


図1 時刻 $t$ における瞬間の速度 $V(t)$ と実際の走行距離の関係。時刻 $t_1$ から $t_2$ の間の走行距離は網掛部分の面積となる。

## ■量子力学

しかし、20世紀に発展した、原子核を回る電子の運動等を扱う量子力学は、位置と運動量を同時には正確に測定できないという不確定性の存在により、運命決定論的な古典力学から確率論的な統計力学へと、物理学の潮流を大きく変化させました。コンピュータにより計算能力が飛躍的に向上した現在、未来予測や過去再現の精度は大きく進歩していますが、ラプラスの悪魔の存在は理論的に否定されています。

## ■現在のコンピュータ

表1 「科学の眼」の文字を16ビットの2進数コードで表したもの

現在のデジタル技術の基盤となっているコンピュータは、基本的に2進数、つまり0と1の組合せだけで、文字(表1)も

文字	16進数コード	2進数コード															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
科	79d1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
学	5b66	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0
の	306e	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
眼	773c	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0

音も動画も全てを表現して計算します。0か1かの一つの枠をビットと呼びます。例えば16ビットなら0か1の16枠で1組となっており $2^{16}=65,536$ 通りを表せます。32ビットなら $2^{32}=4,294,967,296$ 通りにもなります。コンピュータのビット数が上がるにつれてコンピュータ・グラフィックス等が精緻を極めるようになったのはこうした理由です。

現在のコンピュータは0をオフ、1をオンに割り当てていて、電圧の変化を利用して計算します。この変化を1秒間に何回起こすかがクロック周波数で、例えば3.2ギガヘルツなら1秒/3.2GHz=3.125ナノ秒(10億分の1秒)と極めて高速に計算が行われています。

## ■量子コンピュータ

それに対し、量子力学の世界をコンピュータに応用しようというのが、現在研究が進められている量子コンピュータです。量子力学の世界では、不確定性の他にも重ね合わせや量子もつれといった不思議な現象が起こります。電子や光子等の量子は、粒子の性質を持ちながら波の性質も併せ持つという二面性があり、同時に2つ以上の状態が重ね合わさったり、ペアとなる片方の状態が定まるともう片方も定まるといったことが起こるのです。

この現象を制御して利用することができれば、0でありかつ1でもあるという量子ビットが実現し、それぞれの量子ビットが0か1になる確率を用いて計算するので、大量の処理の多重化が可能になります。ただし、重ね合わせによる処理にはアナログな部分があり、その結果の誤りを適切に評価することができなければ実際の計算には使えません。実現の鍵を握るのが、現在の超LSI(大規模集積回路)が実装している論理ゲートによるビットの操作(計算)に相当する、量子ゲートと呼ばれる新しい制御技術の開発です。

もし、量子コンピュータが実現すると、解読不可能な計算量で安全性が担保されている現在の暗号化技術が無意味にしてしまうほどの計算速度が実現するとされており、戦略的な意味もあって世界各国で開発競争にしのぎが削られています。

今はまだSFのような技術かもしれませんが、過去の多くのSFに描かれた技術が実現していることを思うと、「今日の不可能は明日の可能になる」と記したロケット工学理論の父、ロシアのツィオルコフスキー(Konstantin Tsiolkovsky, 1857-1935)の言葉を思い浮かべずにはおられません。

現在の天文学は高速のコンピュータを駆使することで、人類の歴史を遥はるかに超える宇宙の誕生から遠い未来の星空まで、数値シミュレーションで再現し予測しています。いつの日か、今のコンピュータの能力を遥に超える量子コンピュータが実現した時、どのような宇宙の姿が切り開かれるのでしょうか。