

紙幣になった科学者たち

信州大学 学術研究院 教授 高野 嘉寿彦

はじめに

科学に興味のない方でもニュートンやアインシュタインの名前だけは聞いたときがあるだろう。このような科学者が紙幣に印刷されています。日本では現行の千円札に野口英世(1876–1928)が印刷されています。ドイツ旧 10 マルク紙幣には数学者ガウス(Carl Friedrich Gauss, 1777–1855, ドイツ)が印刷, 薄青紫の紙幣の表面に風格あるガウスの肖像がデザインされています(写真 1)。ドイツを訪れたのはユーロ導入後であったためマルク紙幣はすでに流通しておらず, だいぶ探したのですが手に入れることはできませんでした。後になって同僚の化学教員と話をしていた際, もっていると言われたため譲って頂きました。

これまでも海外旅行の際は集めてきましたが, 本格的に貨幣を集めだしたのはロンドンオリンピックからです。このとき記念銀貨の 1 枚にニュートンがデザインされていました。パンフレットではニュートンを確認できなかったため購入してみました, 一見してもニュートンであると判断できないデザインでした。その後, 科学者や画家, デザインが良い物等の硬貨や紙幣を収集しています。

筆者が所有している科学者がデザインされている紙幣には, アインシュタイン(物理学者, ドイツ, イスラエル旧 5 ポンド紙幣), キュリー夫妻(化学者, フランス, フランス旧 500 フラン紙幣), パスカル(数学者, フランス, フランス旧 500 フラン紙幣), コペルニクス(天文学者, ポーランド, ポーランド旧 1000 ズローチ紙幣), ガリレオ(天文学者, イタリア, イタリア旧 2000 リラ紙幣), ヴェガ(数学者, スロバキア, 旧 50 クーナ紙幣), ポスコヴィッチ(数学者, クロアチア, 旧クーナ紙幣)等があります。便利な世の中になり, 海外へ行かなくとも簡単に入手できるようになりました。この中の紙幣にデザインされた科学者と業績を見ていきます。

ドイツ旧マルク紙幣 ～ガウス～

高等学校で使われている幾つかの数学の教科書を見ると, 数学の歴史や数学者のイラストが簡単な業績付で掲載されています。そこには当然ながらガウスも紹介されています。ガウスは有史以来最高の数学者にあげられる人物で, 数学のみならず物理学や天文学等を研究し, 数多くの業績を残しました。幼少のころから天才の片りんを見せ, 少年時代に 300 万までの素数を求められたと伝えられています。素数は 1 と自分以外に約数をもたない数で, 中学生で習います。100 までの素数は 2, 3, 5, 7, ..., 89, 97 で, 25 個あります。現在では 300 万までの素数はパソコンで簡単に求められますが, 当時は大変だったことでしょう。素数は全く規則性がなく, 古来より興味の対象となった数で, 紀元前約 300 年にユークリッド(Euclid, 330?B.C.–275?B.C., ギリシャ)により編纂された「ユークリッド原論」13 巻の第 9 巻に「素数の個数は無限である」ことが証明されています。ガウスは 15 歳で「素数定理」といわれる素数の分布に関する定理を予想しました。それは次のような定理です: x までの素数の個数を $\pi(x)$ とするとき x を大きくしていくと $\pi(x)$ は $\frac{x}{\log x}$ に近づく。ガウス少年は証明できませんでしたが, 100 年後に証明されました。ガウスは素数と自然対数の関係を見抜いたのです。さて, 写真 1 は前記に紹介したドイツ旧 10 マルク紙幣です。少々小さいのですが, ガウスの左側には確率や統計で大変重要な正規分布のグラフと,

それを与える確率密度関数

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

がデザインされています。 μ は平均, σ は標準偏差です。正規分布は数学 B にありますが, 受験内容として課さない大学が多いため, 学習する機会が少なくなりました。筆者は平均や標準偏差のような統計量を座標にもつ空間を研究しています。正規分布の集合は, (μ, σ) を座標にとると $\mu\sigma$ 平面において $\sigma > 0$ の部分である上半平面になります。この上半平面は各点で曲率が一定の空間であることが知られています。平面は曲率 0 です。

また, 紙幣の裏面には測量器と三角測量がデザインされています。中学校で「三角形の和は 180° である」と習います。ユークリッド原論にも定理として述べられています。しかし, ガウスはそうではないのではと考えて実際に三角測量を行いました。地球やボールの



写真 1. ドイツ旧 10 マルク紙幣表面

表面は少々の凹凸はありますが, 球面と考えることができます。このような曲面の性質を調べるのが微分幾何学です。球面を考えると三角形の内角の和は 180° より大きくなります。

また, 写真 1 では分かりませんが紙幣の左側にはガウスの肖像の透かしが入っています。

ドイツの人々がガウスの肖像や業績をみながら日常生活を送ったとは思いませんが, ニュースや話題として取り上げられることの少ない数学が紙幣の形で生活の一部になっていたと思うと大変感慨深いものがあります。

イギリス旧ポンド紙幣 ～ニュートン～

イギリス旧 1 ポンド紙幣裏面にはニュートン (Isaac Newton, 1642–1727, イギリス) の肖像と万有引力に関する業績の一部がデザインされています。ニュートンは, 高等学校の物理基礎で習う「ニュートンの運動の 3 法則」に基づいた古典力学を構築し, 万有引力の発見や微分積分学の創始者の一人としても有名です。また, 俗に言う「プリンキピア」(正



写真 2. イギリス旧 1 ポンド紙幣裏面

式名称: Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica, 日本語訳: 自然哲学の数学的諸原理) を記したことで名高い科学者です。写真 2 ではニュートンがプリンキピアのある頁を開いており, その頁に描かれている図が紙幣にデザインされています。また, 右側にはニュートンの肖像の透かしが入っています。デザインはプリンキピアの

命題 11. 物体が楕円上を公転するとき, 楕円の焦点に向かう中心力は距離の 2 乗に反比例する。

を示すために描かれたものです。現在では, 太陽のまわりを水星, 金星, 地球, 火星, 木星, 土星, 天王星, 海王星の各惑星が楕円軌道上を運動していることはよく知られていますが, 16 世紀半ばまでは地球が中心にあり, 他の惑星は地球のまわりを運動しているという天動

説が宗教上の理由から広く受け入れられていました。コペルニクス（Nicolaus Copernicus, 1473–1543, ポーランド）による地動説の提唱を経て、ケプラー（Johannes Kepler, 1571–1630, ドイツ）は師の観測データをもとに「ケプラーの 3 法則」を発見しました。その第 1 法則が、「惑星は太陽を一つの焦点とする楕円軌道上を運動する」です。これにより惑星が楕円上を運動するとき、中心力は楕円の焦点に向いていることが推測されます。ニュートンは命題 11 でこの事実を示したわけです。紙幣には次の図 1 が描かれています。

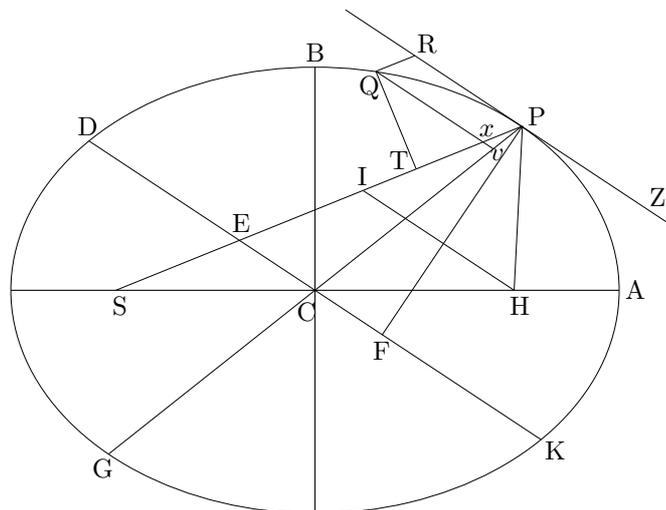


図 1. 紙幣の図形

ニュートンは初等幾何を用いて命題 11 を確かめています。筆者は初等幾何に抵抗のあるため（でも専門は幾何学）、点 C が中心（原点）、H と S が楕円の焦点である座標を考えて、直線の交点を求めることで、命題 11 の証明に必要な楕円の性質を確かめました。今では簡単なこともニュートンが活躍した時代は大変苦勞したことを筆者自身身をもって実感しました。

ニュートンは楕円の性質を用いて、楕円の焦点に向かう中心力は距離 PS の 2 乗に反比例することを示しました。筆者は教養科目として物理学を 1 年次に故高橋安太郎先生に習いました。何も見ずに淡々と講義されたことを今でも覚えております。ニュートンの第 2 法則に基づいて微分方程式を導き、それを解くことで性質を調べるという明解な講義でし

た。今回の原稿を執筆するにあたり、当時のノートを見返しました。運動方程式からケプラーの法則等を導いておられました。

図 1 の直線 PS と DK の交点 E の軌跡を見ると図 2 のような、二つの葉でちょっと太めのハート形になります。図 1 において点 P が上側のときは下葉、下側のときは上葉です。下葉と上葉は中心 C と焦点 S で交わります。地球 P は太陽 S のまわりを二つの葉でハートを描きながら 1 年かけて一周します。これを見ると楕円は幸せを運ぶ曲線に思えます。

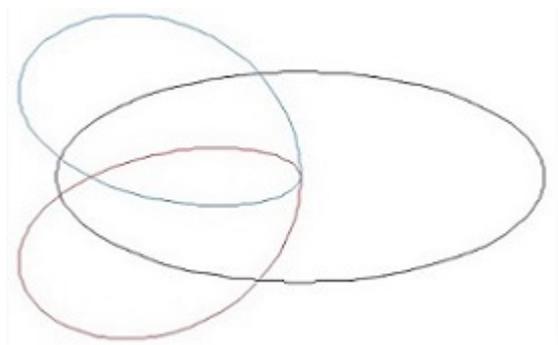


図 2. 交点 E の軌跡



写真 3. ニュートンのリンゴの木

ニュートンは、万有引力の法則をリンゴが木から落ちるのを見て発見したとされています。この逸話は大変有名です。筆者が奉職している信州大学にも大きくはありませんが「ニュートンのリンゴの木」が理学部玄関前に植樹されています（写真 3）。昨年は沢山の実を付けましたが、今年は花が咲かなかったようです。案内板には実は小ぶりで、そのまま食すのではなく、料理等に使うことが書いてあります。

フランス旧フラン紙幣 ～パスカル～

写真 4 の紙幣には数学上の業績はありませんが、哲学者としても著名なパスカル（Blaise Pascal, 1623–1662, フランス）がデザインされています。パスカルは二項定理の係数を与える「パスカルの三角形」でも有名な数学者で、円錐曲線も研究し、若干 16 歳のとき射影幾何学の基本となる定理を証明しました。また、天気予報で用いられる気圧の単位である

hPa（ヘクトパスカル）としても知られています。「ガウス」も磁束密度の単位として使われており、以前、ある CM にもでてきました。

写真 4 では紙幣の大きさは分かりませんが、横約 18.1 cm、縦約 9.6 cm あり、現行の 1 万円より二回りほど、聖徳太子がデザインされた旧 1 万円紙幣より一回りほど大きいものです。



写真 4. フランス旧 500 フラン紙幣表面

パスカルは何を考え、物思いにふけているのでしょうか。

イスラエル旧ポンド紙幣 ～アインシュタイン～

相対性理論で有名なアインシュタイン（Albert Einstein, 1879–1955, ドイツ）はドイツ出身ですが、写真 5 のイスラエル旧 5 ポンド紙幣にデザインされています。ユダヤ人であったアインシュタインは、イスラエル建国時、初代大統領への就任の話があったようです。また、遺言により遺産はイスラエルのヘブライ大学に寄贈されました。このためアインシュタインがデザインされたのでしょうか。

一般相対性理論は等価原理（加速度と重力加速度は同等である）と光速不変の原理（光の速さは一定である）に基づいて当時発展していた幾何学である微分幾何学を用いて構築さ

れ、その中で重力場の方程式が導かれました。翌年に解が見つかり、SF 映画でもしばしばでてくるブラックホールが理論的に存在することが示されました。現在、数個の解が見つかっており、日本人の名前が付いた解もあります。筆者は東北の田舎育ちであるため夜空に輝く星々や宇宙に思いをはせていました。大学院生時代、深夜番組で FS 番組が放映され、いつかはワープで遠い宇宙に行ってみたいと思っていました。今でも思っています。



写真 5. イスラエル旧 5 ポンド紙幣表面