プロローグ

・・・・・・・・・・・・・

サルヴィヤチ：この今の振子でもって，これ等すべての困難な問題を満足の行くように解決できないものかどうか，やってみましょう．でまず，同一の振子が本当にそのすべての振動，即ち大，中，小の振動を皆正確に同時間で行うかどうか，という問題ですが，これについては吾々の先生の言葉によって既に知られていることを信頼し，それを基にしてお話しましょう．彼は，物体が同一円周の任意の弧の上に張られた弦に沿って落下する場合，それに要する時間はすべて同じである弦が 180° の弧に張られていて（即ち弦は直径となる）も，100°，10°，2°，$\frac{1}{2}$°，4′ の弧の上に張られていても皆同じである，ということを明瞭に証明しています．ただし，これ等の弧は，すべて円の水平面に接している最下点で終わっている，としてのことですが．

次に，弦でなく弧に沿った落下を考えますと，実験はこれ等の弧が 90° を越えなければ，その角度がいくらであっても，物体は皆それを同時間中に通過することを示しています．しかしこの所要時間は，弦の場合が弧の場合より多くかかります．これは一見したところ，丁度その反対が本当だと思われるでしょうからそれだけに注目すべき事実です．何となれば，その二つの運動の両端は同じであり，これ等二点間の直線はその最短距離ですから，この直線に沿った運動が最も短時間内に行わるべきである，ということは理にかなったように見えるからです．だが事実はこれに反して，最も短時間——したがって最も早い運動——なのは，この直線が弦となっている弧に沿った場合の時間であるからです．

最後に，長さの異なった糸に吊るされた物体の振動について申しますと，それ等は互に糸の長さの平方根に比例した振動時間をもっています．或いは糸の長さは互にその時間の平方に比例する，といってもよいでしょう．それで，もし一つの振子の振動時間をもう一つの方の倍にしようと思えば，その吊しを四倍にしなくてはなりません．同様に，一つの振子が他の九倍の吊しを持っていれば，前者は後者が三振動する間に一振動します．ここから吊糸の長さはそれ等が同じ時間中に行う振動数の平方に反比例する，ということがでて来ます．

サグレド　　：なるほど，ではもし私が貴方の言葉をよく呑込んでいれば，上端はあまりに高いところに結付けられているために見えず，ただ下端だけが見えるような紐の長さをたやすく測る事ができるわけですね．即ち，この紐の下端に幾らか重い錘をつけて前後に動かし，誰か友人にその振動数を数えて貰い，一方私はその同じ時間

中に，長さが丁度一キュービットある振子の振動数を数えます．そうすれば与えられた時間中の各々の振子の振動数が得られたのですから，紐の長さが決められるわけです．たとえば，仮に私が，私の紐の振動数を 240 数える間に，友人が長い方の紐の振動数を 20 数えたとします．二つの数，20 と 240 の平方，即ち 400 と 57600 をとれば，長い紐は私の紐が四〇〇単位だけ含んでいる長さを五七六〇〇単位だけ含んでいるといえます．

（今野武雄，日田節次訳，ガリレオ・ガリレイ著『新科学対話 上』，1973 年，岩波書店）

上記は，ガリレオ・ガリレイの自分の考え方を書に託したいわば自伝風の書の中で，物体の落下と振り子の振動等を述べている一文である．質量の無視できる長さ l のひもに付けた質量 m の振り子の周期 T は，重力加速度を g とすると，$T=2\pi\sqrt{l/g}$ となることが今日では知られているが，長さ l と周期 T の関係を正確に示していることは興味深い．特に最後の部分で振り子の振動数 $f\,(=2\pi\sqrt{g/l})$ から，逆にひもの長さ l を求める逆問題の記述は面白い．

さて筆者が振動学に特に興味を持ったのは大学 3 年生の時である．当時は制御グループの研究室に属しており，故 高橋利衛先生の著された「振動工学演習（Ⅰ），（Ⅱ）」（1963 年，オーム社）の 2 冊に出会ったことが発端と記憶している．その中で高橋利衛先生は，著書の内容の特徴として次のように記している．

「伝統的な基本問題は，もちろんこれを欠くことはできないが，Engineering Analysis の目的が未知領域を開拓できる Professional engineer の養成にある以上，工学の第一線で通用する程度の問題に肉薄する体験も必要である．current literature のなかから問題を作成することがてっとり早いし目的にもかなっている．本書が中田孝教授（東工大），藤井澄二教授（東大），堀幸夫助教授（東大）などの優れた論文から生まれた問題を含むに至った理由はここにある．実はこの国の代表的研究者の作品は，なんらかの形で取り入れたかったのであるが，ページ数の関係と地理的な関係から特に相談しやすい 3 氏の業績が主となったのはやむをえまい．このような企画は，いままであまり聞いたことがないから，これを本書の特徴として誇ってもよいであろう．」

高橋先生の著書は，振動工学演習と題してはいるが，当時の優れた論文のモデル化や解析手法もふくまれており，従来の振動工学の本とは一線を画した内容で，夢中になって勉強したことを憶えている．また 4 年生のときに奥村敦史教授の「振動学」の授業があり，線形多自由度系の美しい理論展開に感動したことも憶えている．当時は学園紛争の最終的な局面に近い,「大学立法」を巡る集会やストが盛んにおこなわれていた状況下でもあった．これら二つの出会いが契機となり，大学院では奥村教授の研究室に入れていただき，構造力学と振動工学の研究をめざすこととなった．さらに高橋利衛先生が定年でご退職する際に先生の担当されていた「振動学」を引き継ぐことになり，高橋先生に緊張してお会いした折，「自由に授業をやればよい」とのお話をいただき，ほっとした反面，責任の重大性も併せて感じたことを明確に記憶している．その後 30 数年間「振動学」の授業を担当しており，早く内容を教科書にしたいと思いはありながら，弁解がましいが，その間，理工系の役職等に就いてしまい，時間的な余裕が見いだせず，今日まで来てしまったことを大いに反省している．

本書は「機械系の振動学」と題しているが，特に「機械系の振動学」が特別なものと主張する

つもりはない．あえて機械系ということを考えれば，機械系には回転要素が多く含まれており，それが振動の原因となっている場合も多い．この回転体の運動とそれによって生ずる振動はある意味では機械系の振動学の一つの特徴と言えるであろう．また機械系の振動にはしばしば構造系，熱系，流体系，最近では電気・磁気系の問題が相互に関連する場合も多くある．特に最近では，機械系の振動問題の一つとしてメカトロニクスと呼ばれている分野の振動問題を扱うことも多くなってきている．

本書の第Ⅰ編である第1章から第6章では，振動現象やそのモデル化，数学的な取扱いを紹介しながら，振動学のあらゆる面で基礎となる線形1自由度系の振動解析を取り扱っている．第6章では振動伝達率や衝撃応答についてもふれている．

さらに第Ⅱ編では，第7章では古くからの振動問題の解法でありながら，最近では授業等では扱うことが少なくなってきている，連続系の偏微分方程式による解法をあえて紹介して，後続の線形多自由度系におけるモード展開，直交性などの共通な概念を理解してもらいたいと思っている．第9章, 第10章では線形多自由度系のモデル化とその代表的な解法である「モード解析法」や「逐次積分法」の紹介にページを割いている．第11章では機械系の振動の一つの特徴である回転体の振動を説明している．

末筆ながら，指導いただいた奥村敦史先生ならびに高橋利衛先生には厚く御礼を申し上げます．さらに本書の刊行に際し，原稿のワープロ入力に関しては多くの人達に協力をお願いした．特に本文や数式等の多くの部分の作成には，現在，修士2年の田代正樹君に，また図表の作成に関しては，昨年，修士2年であった辻村拓哉君にそれぞれ忙しい中，面倒な作業を無理にお願いして多くの時間を費やしてもらい，秘書の尾澤由樹子さんにも協力をいただき，本書の出版の運びとなった．

さらに，共立出版の野口訓子さんには遅れがちな原稿に丁寧に目を通して校正等をしていただき，深謝いたします．

ここに皆に心から感謝いたします．

2014年10月

著　者