

# インドネシアの高等学校・大学における物理学用語

佐々木行彦<sup>1)</sup>、遠山紘司<sup>2)</sup>

## Physical Terms Used in Senior High Schools and Universities of Indonesia

Yukihiko SASAKI and Kohji TOHYAMA

### Abstract

We have been participating in a five-year bilateral project for "Development of Science and Mathematics Teaching for Primary and Secondary Education in Indonesia" started in 1998, where we were often delegated in one-month to a few-year shifts. During these activities in major education universities, it has been found that standardization and unification of Indonesian physical terms are essential for improvement on higher physics education. In this paper, Indonesian physics terms consisting of native Indonesian language and loanwords mainly from English are discussed concerning what kinds of words are being used and improved in the universities.

Key Word: Indonesia, Physical term, Education university, Japan-Indonesia project, Physics text book

### 1. 序

われわれはインドネシアと日本の合同計画「インドネシア初中等理数教育拡充計画 (Oct.1998-Sep.2003)」の1つの活動として、国立インドネシア教育大学、国立ジョグジャカルタ大学と国立マラン大学の理数科教育学部における物理学とエレクトロニクスの実験教育の改善計画に参加する機会を得た。<sup>1)</sup>大小様々な島からなるインドネシアには13の国立の教育大学と多くの私立の教育大学が主要な都市にあるが、これらの3つの教育大学は広大なインドネシアの政治、経済、文化の中心であるジャワ島にあり、それぞれジャワ島の西部、中部および東部の州都に位置する。大学の教材の調査、講義や実験の参観、日本から贈与された機器のマニュアルの作製、実験指導書の改善、教官や学生との議論などの活動過程において、従来はあまり考慮されていなかった物理学用語の整備拡充、統一、普及が同国の今後の長期的な物理学

教育の発展に対して重要な課題の一つであることを認識した。

インドネシアは1945年に総計200以上もある民族言語を持つ多民族をまとめて共和国として独立した。それ以後、主たる民族言語のどれにも余り偏らないインドネシア語が公用語として、更にどの地方でも小学校からその地方の民族言語を併用する教育が行なわれている。しかし現状は民族言語しか分からない年配の人々も多く、中間層は両方を理解できるが若年層の多くはインドネシア語だけしか理解できない。このような発展途上国であるため一般に自然科学分野の専門用語が乏しい。古典物理学の力学や電磁気学の分野では多くの日常のインドネシア語と英語に由来するインドネシア語が物理学用語になり定着している。現代物理学分野や急速な進歩を遂げているエレクトロニクスやコンピュータ分野では後者の割合が非常に多く、英語そのものも使われている。この事情は教育文化省発行の国定の高等学校用物理学教科書

Received on October 10, 2002

1) 元電気通信大学電気通信学部教授

Former: Professor of the University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo

2) 神奈川工科大学教育開発センター教授、元文部科学省初等中等教育局主任調査官

Professor of Kanagawa Institute of Technology, Shimo-Ogino, Atsugi, Kanagawa, 243-0292

でも詳しく知ることが出来る。そこでは物理学用語の確立は対応が追いつかないよう英語を併記するなどの苦心の跡が伺える。更に年々多くの新しい英語に由来する物理学用語が導入され、日本語のカタカナ語（外来語）の事情に類似するがその過程は両国ではかなり異なる。すなわち日本では既に日本語で定着している用語でも好んでカタカナ語で表現する傾向があるが、インドネシアでは物理現象や微妙な実験過程を表現する言葉が存在しないことが多いため止むを得ず外来語を使用しなければならない事情がある。またインドネシア語は英語と同じアルファベットで表記されるので英語に親しみがあり、英語をそのまま用いる傾向があるが意味が正確に伝わっているかの疑問点が指摘される。多くの発展途上国でも類似の状況にあるが同国の初中等教育ではインドネシア語を尊重するため、また一般の人々に科学を普及するため出来るだけ多くのインドネシア語で物理現象を表現しようとしているのは特筆すべきことである。

本小文では先ず高等学校用の国定物理学教科書と大学の教材に基づきインドネシア語と外来語からなる物理学用語を検討し、次に上述の大学における物理教育、物理学用語の整備拡充の現状を述べ、これらが物理学教育にどのように寄与できるかを議論する。

## 2. 高等学校の国定教科書「物理」に見る物理学用語

上述の3つのインドネシアの国立教育大学の組織、理数学部物理学科のカリキュラム、教育内容などは文献1)に詳しく述べられている。そこでの1, 2年次の物理学の講義と実験の内容は主に高等学校の国定教科書に基づいている。そこで教育文化省 (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan) 発行の次の普通高等学校用物理学教科書に基づき議論する。1, 2年用は共通、3年用は理数系用でその頁数はA 4版でそれぞれ242, 157, 269である。それらの章と節を以下に示す。

### ◆FISIKA 1 untuk Sekolah Menengah Umum Kelas 1 （「物理1」と略称する）

- 1章 物理学序論 (A.物理とはなにか B.大きさと単位 C.測定の不確かさ D.測定)
- 2章 直線運動 (A.速さと速度 B.物体の直線運動 C.一定の直線運動 D.一定の変化運動)
- 3章 直線運動の力学 (A.ニュートンの運動方程式 B.釣り合いと摩擦)
- 4章 エネルギーと運動量 (A.エネルギーの種類と変換 B.力学的エネルギー C.運動量)
- 5章 物質の種類 (A.弾性 B.流れない流体 C.表面現象 D.流れる流体)
- 6章 熱と物質 (A.温度と熱 B.膨張 C.転移 D.熱の移動)

- 7章 振動と波動 (A.振動 B.波動 C.波の特性の大きさ D.波の干渉)
- 8章 音波 (A.音 B.節)
- 9章 光の鏡での反射 (A.光と観察 B.光の反射 C.湾曲鏡の反射)
- 10章 プリズム、レンズと光学機器 (A.光の屈折 B.プリズムでの屈折 C.レンズでの屈折 D.眼と光学機器)

### ◆FISIKA 2 untuk Sekolah Menengah Umum Kelas 2 （「物理2」と略称する）

- 1章 平面運動 (A.平面上の位置と変位 B.平面運動の合成と分解 C.放物線運動 D.円運動)
- 2章 重力 (A.宇宙の物体の運動 B.万有引力)
- 3章 電気 (A.電荷 B.導電, 誘導とクーロンの法則 C.電荷とポテンシャル D.電気容量)
- 4章 電流 (A.電源 B.直流回路)
- 5章 磁気 (A.磁石と磁極 B.磁性 C.磁力)
- 6章 電磁誘導 (A.誘導電荷 B.ファラデーの実験 C.交流発電 D.電圧変換機)
- 7章 電磁波 (A.マックスウエルの理論 B.電磁スペクトル C.光のスペクトル)
- 8章 陰極線 (A.陰極線 B.X線 C.トムソンの実験 D.ミリカンの実験)
- 9章 水素の原子構造 (A.ダルトンとトムソンの原子理論 B.ラザフォードの原子理論 C.ボアの原子理論 D.レーザー線)
- 10章 原子核構造と放射能 (A.プロトン とニュートロン B.核力 C.放射能 D.核の不安定 E.半減期 F.放射能測定)
- 11章 原子核反応 (A.核変換 B.核分裂 C.核融合 D.核工学)

### ◆FISIKA 3 untuk Sekolah Menengah Umum Kelas 3, Program Ilmu Pengetahuan Alam （「物理3」と略称する）

- 1章 運動の法則 (A.ベクトルと位置のベクトル B.速さと速度 C.加速度)
- 2章 回転運動 (A.併進と回転 B.角速度, 角加速度 C.回転運動の力学 D.併進と回転の類似性)
- 3章 調和振動 (A.調和運動の概念 B.調和運動のエネルギー C.振動の重ね合わせ)
- 4章 力と剛体の平面運動 (A.平行でない力の合成 B.平行な力の合成 C.物体の釣り合い)
- 5章 気体の運動エネルギー (A.気体の圧力 B.温度と粒子の運動エネルギー C.内部エネルギーと自由度)
- 6章 熱力学 (A.等温壁と断熱壁 B.熱力学の法則)
- 7章 直流の合成回路 (A.回路の中のオームの法則 B.

合成回路)

- 8章 磁場 (A.磁場とローレンツ力 B.電流回路中の力のモーメント C.磁気誘導とアンペアの法則 D.円電流の磁気誘導 E.ソレノイドとトロイド F. 平行な電流間の力 G.磁性材料)
- 9章 電磁誘導 (A.電磁誘導 B.発電機 C.逆起電力 D.インダクタンス)
- 10章 交流 (A.交流電圧 B.交流回路 C.交流回路中の力)
- 11章 波動(A.進行波 B.波の干渉 C.系の中の波の伝播速度 D.波の伝播エネルギー E.ドブラー効果)
- 12章 電磁波 (A.マックスウエルの理論 B.電磁波のスペクトル C.電磁波のエネルギー)
- 13章 光波の種類(A.プリズムでの光の分散 B.コヒーレントな光波の干渉 C.格子を通る光の回折 D.単一レンズの分解能 E.偏光)
- 14章 相対論(A.ガリレオ変換とマイケルソン-モーレイの実験 B.アインシュタインの仮説 C.ロレンツ変換 D.時間と質量の増加 E.静止質量エネルギーと運動質量エネルギー)
- 15章 粒子と波動の双対性(A.プランクの量子論 B.光電効果 C.コンプトン効果 D.粒子波 E.ハイゼンベルグの不確定性原理)
- 16章 原子と分子の構造(A.トムソンとラザフォードの原子論 B.水素原子のスペクトル C.ボアの原子論 D.電子のエネルギー準位 E.量子数とパウリの排他則 F.イオンエネルギー G.原子間エネルギーと分子)
- 17章 固体(A.固体と液体 B.固体中の結合 C.エネルギーバンド D.導体, 絶縁体, 半導体)
- 18章 半導体素子  
A.結合ダイオード(1.p-n結合 2.ダイオードの構造 3. 結合ダイオードの特性 4.整流ダイオード 5.他のダイオード )  
B.トランジスター(1. トランジスターの基礎結合 2. トランジスターの動作原理 3. 電流増幅トランジスター 4. バイポーラトランジスターの特性 5. 電圧増幅トランジスター 6.スイッチトランジスター)
- 19章 原子核と放射能(A.結合エネルギーと核力 B.放射能 C.核反応のエネルギー)

物理は物理学関係と化学, 生物学関係の進学に対して必修である。教科書は一般用, 理科系用などがあるが各々にたいしては種類が少ないので学習者は統一された内容を学ぶことが出来るはずである。用語がどのような形式で説明されているかを示す。冒頭の「物理学 Fisika とは何か」が, Anda tentulah mengetahui bahwa fisika adalah bagian dari ilmu pengetahuan alam (IPA) atau

sains. Sains merupakan kata yang dipungut dari bahasa Inggris science. (あなたがたは, 物理学が自然科学 (IPA) または *sains* の一部であることを確かに知っている。sains とは英語の science から作られた言葉である。) の文で始まっている。—, Jadi fisika dapatlah disebut ilmu tentang zat dan energi. (したがって, 物理学は物質とエネルギーに関する学問と言うことが出来る), ... “Sentripetal” artinya “menuju ke pusat”. (sentripetal の意味は「中心に向っている」である。) などに示される。ここで太字で示すインドネシア語と日本語は対応している。斜体は原文通りである。この他に dapat dianggap sebagai (—と考えられる), dapat dipakai (使われる), dapat digunakan (使われる), dikatakan bahwa (—と言われる), dikenal dengan (—で知られている), diketahui (に知られる), sama dengan (—と同じ), ditunjukkan oleh (—で示される), didefinisikan sebagai (—として定義される。), dinamakan (名前は..である) がよく使われている。

インドネシア語の語源は民族言語に由来される言語とヨーロッパ言語 (主として英語) に由るものに分類されている。共にインドネシア語であるが以下では簡単のため前者をインドネシア語, 後者を外来語と呼ぶことにする。参考のためインドネシア語について簡単に説明する。単語は短い語幹 (2, 3 音節) に色々の接頭辞と接尾辞の両方かどちらかが付いて品詞が変わったり多様な意味になる。辞書には語幹だけが見出しにある。例えば語幹 cepat (速い) から kecepatan (速度), percepatan (加速度) が作られる。上の例で示される di- の単語は受動態の意味を持つ。また時制が無く副詞で判断する, 一般に形容詞が名詞の後ろに付く, 英語の be 動詞が無いなどの特徴がある。本稿で述べる外来語とは, 英語がインドネシア語の綴り化した語幹に接頭辞や接尾辞が付いた語である。例えば「回転 rotation」がインドネシア語の綴り「回転 rotasi」になり, 接頭辞が付き「berotasi 回転する」, 「merotasi 回転させる」になる, などの特徴がある。

教科書では用語や現象は一般に易しい言葉で丁寧に定義され, 説明されている。この点では日本語や英語の教科書と特に変わりが無いが, かなりの工夫が見られる。例えば出来るだけ類似の用語を引用して比較する, 英語では「何々と言う」, 簡単な例示を多用する, 図示する, 数式と単位で補足する, 数値計算をしてグラフに示す, 多くの設問がある, 簡単な実験を併用するなどである。「物理 1,2」では主として現象が説明され極力数学の使用が避けられている。「物理 3」では高等学校の数学の範囲に加え, 微分方程式の初歩も用いられ, 既に習った数学が全て活用されている。さらに「物理 3」で「物理 1,2」の範囲を復習する形で解析的に理解を深めると同

時により高い分野に入り、大学教養の範囲を覆っている。講義内容の理解を深めるため実験を併行して行うことはインドネシアの自然科学教育の大きな特徴である。これは教育文化省が示す指導方針でありかなり厳格に義務付けられている。大学の基礎科目でも高等学校教科書の内容に対応する実験題目が課せられている。このため精度や過程を無視してまでも実験を行うことがあり問題になることがある。

次に具体的に物理学用語を教科書から引用する。原文では補足語は括弧を付したり、「または英語で atau Inggris...」などの形式で示されている。以下、インドネシア語だけに日本語訳を付け、語句や原語の意味などを明確にする時には括弧「」を用いる。

#### A群 (補足語が付いている簡単な用語)

括弧内は教科書に示されている通りの補足語である。

- energi potensial (tenaga tempat 位置のエネルギー)
- kesetimbangan stabil, netral, labil 安定, 中立, 不安定  
釣り合い (balance mantap, sembarang, goyah 安定中立,  
不安定釣り合い)
- kalor (panas 熱)
- riil (nyata 真の, 実数, 実像などに使う)
- virtual (semu, maya 虚の)
- konvergen (mengumpulkan 収束する)
- langgeng 永久の (permanen)
- secara matematik 数学的に
- kerapen 周波数 (frekuensi)
- pompa vakum (pompa hampa 真空ポンプ)
- debu 蒸気 (asap 煙)
- ubah 変化する (bertambah 変化する)
- tumbukan lenting tak sempurna 非弾性衝突 (tumbukan  
lenting sebagian 部分的弾性衝突)
- lift (elevator エレベーター)
- memancarkan 放射する (meradiasikan)
- refleksi (pemantulan 反射)
- refraksi (pembiasan 屈折)
- ahli astronomi 天文学 (ilmu bintang 星の学問)
- geometri (ilmu ukur 測量学)
- dipusatkan 中心に集められる (difokuskan)
- konvergen (mengumpulkan cahaya 光の収束)
- sentripetal (menuju ke pusat 中心に向かう)
- alat 道具 (komponen 素子, 成分)
- kapasitor tak terkutub 帯電してないキャパシター  
(kapasitor polar 極性キャパシター)
- bilangan tetap 常数 (konstanta)
- Sintilator シンチレーター (scintillation counter)
- $A \cdot B$ , A dot B スカラー積 (Inggris: dot artinya titik 英  
語の dot の意味は点である)

- pengotor 不純物 (impurity)
- berputar 回転する (berotasi)
- momen inersia (momen kelembaman 慣性モーメント)
- sinusoid (gelombang gerak harmonik 調和振動波)
- diod sambungan 接合ダイオード。dioda か diode がよく使われる。
- penyaring aktif 能動フィルター (active filter)
- JFET (junction field effect transistor 接合型電界効果  
トランジスター)  
面白い一般の言葉が専門用語になっているものとして、
- kuap, menguap (蒸気, 蒸気になる, 一般の意味はあくび, あくびをする)
- mata rabun jauh 遠くが霞んで見える眼。近眼のことで表現が面白い。
- mata rabun dekat 近くが霞んで見える眼, 遠眼

これらから解ることは、日本語や英語の教科書では殆ど説明されること無く使われるごく普通の言葉に注釈がついていること、外来語にインドネシア語が補足されているのは当然としてもインドネシア語に外来語が補足されていることである。この例を挙げれば限りが無いが「物理用語の回転する berputar」は「一般には自動車などであちこち行ったり来たりする意味で使われる」言葉であるが、これに「英語の rotation に由来する外来語 berotasi」が補足されている。また「pengotor 不純物」は日常は「不潔な人, 下品な人」の意味である。「alat 道具」に本来は無い「komponen 素子, 成分」の意味を持たせている。また日常は明確に区別されている言葉が「物理では類似語」となっていることがあるなどである。例えば「物理用語の蒸気 debu」は「日常の意味は塵, 埃」でありこれの「物理の類似語は煙 asap」である。この例も挙げるときりが無い。さらに物理用語でない形容詞や副詞にも外来語が多く用いられていることは全般に言葉の数が十分でないことを示している。大学の教育者は外来語を主に使う。その理由は、インドネシア語は専門用語にそぐわない、1つの単語が多様な意味を持つため一般に使われる意味が物理現象と大きくかけ離れる、意味が微妙に違うなどである。大学生は基本的な用語はほぼ教科書通りに使っているがやはり外来語と英語を多用している。

#### B群 (具体的な説明をしている用語)

さらにA群のように簡単な類似の単語で置き換えられるものの他に具体的な内容を示している例を挙げる。括弧内は教科書に示されている通りである。

- fluida (zat cair atau gas 液体または気体)
- atmosfer (lapisan udara yang menyelimuti bumi 地球を覆う空気層)

- konveksi (perpindahan kalor ini seperti ini このような熱の移動)

次の文は「回路の on と off」を易しいインドネシア語で説明している例である。

- Pada keadaan ini transistor dikatakan ada dalam keadaan "cut off" (Inggris), atau "terputus", atau "mati". .... Pada keadaan ini transistor dikatakan ada dalam keadaan "on" (Inggris), atau "jalan", atau "hidup". (この状態では、トランジスターは英語で "cut off", すなわち "terputus 切れている" または "mati 死んでいる" と言われる。.... この状態では、トランジスターは英語で "on" すなわち "jalan 道" または, "hidup 生きています" と言われる。)

これらの他に「cut off」を「on でない」や「tidak hidup 生きていない」で表したり、「on」を「tidak mati 死んでいない」で表したりしている。これらが短い文の中に混在し、単語の意味が一義的でないことと一貫性が無いため別の意味に取られる可能性もある。

以下で参照する5つの文から用語の他に内容、程度や記述法に加えて指導方針や方法も窺い知ることが出来る。次の「加速度」と「ポテンシャルエネルギー」定義は標準的な記述である。

- Percepatan didefinisikan sebagai perubahan kecepatan per satuan waktu. (加速度は単位時間あたりの速度変化として定義される。)
- Usaha yang dilakukan muatan  $q$  untuk menggeser muatan  $q_1$  dari jarak  $r$  ke jarak jauh tak berhingga ( $\infty$ ) disebut energi potensial muatan  $q_1$  di titik yang berjarak  $r$  dari  $q$ . (電荷  $q$  が電荷  $q_1$  を距離  $r$  から限りなく遠い距離 ( $\infty$ ) に移動するために使われる仕事を,  $q$  から距離  $r$  の所にある点での電荷  $q_1$  のポテンシャルエネルギーと言う。)

次の電流増幅の説明は、前段でトランジスターの原理、ベース接地などの基本的な動作を説明した後で実用回路が図示されている。またこの教科書全体を通して工学的な分野は厳密な定義を用いず、実用面を重視する記述方法が貫かれている。

- Bila arus basis  $I_B$  dipandang sebagai masukan transistor, dan arus kolektor  $I_C$  dipandang sebagai keluaran transistor, maka rangkaian transistor di atas dapat dianggap sebagai *penguat arus*. (ベース電流  $I_B$  をトランジスターの入力とし, コレクター電流  $I_C$  をトランジスターの出力とするならば上に示す回路は電流増幅と考えてよい。)

次の2つの文の内容は予備知識が与えられないで説明されている, 日本では高等学校のレベルを超えた範囲である。なお予備知識の説明は教師の裁量に任されている。

- Isolator. Sebagai contoh kita ambil intan. Gambar 17.11

menunjukkan susunan pita-pita energi intan. Pita teratas merupakan sebuah pita kosong. Pada pita itu tidak terdapat elektron. Pita di bawahnya semua penuh. Antara pita yang kosong dengan pita penuh di bawahnya itu ada celah sebesar 6 eV. Ini artinya, diperlukan energi sekurang-kurangnya 6 eV untuk dapat memindahkan sebuah elektron dari pita penuh ke pita kosong di atasnya agar elektron itu menjadi elektron bebas. Energi sebesar ini tidak mudah diberikan kepada elektron di dalam kristal. Itu sebabnya intan, dan zat-zat lain yang memiliki susunan pita energi intan, merupakan isolator. (絶縁体。例としてダイヤモンドをとる。図にダイヤモンドのエネルギーバンドの構成を示す。一番上のバンドは1つの空のバンドである。このバンドに電子は存在しない。この下のバンドは全て充滿している。下にある充滿バンドにたいする空のバンド間に6 eVの大きさのエネルギー間隔がある。これは、1つの電子を自由電子にするために充滿バンドから空のバンドに電子を移すには少なくとも6 eVのエネルギーが必要であることを意味する。この大きさのエネルギーを結晶中の電子に与えるのは容易でない。これが、ダイヤモンドとダイヤモンドのエネルギーバンドの構造を持つ物質が絶縁体になる理由である。)

- Pada bahan ferromagnetik seperti besi, atom-atom yang bersifat magnet, terkumpul dalam kelompok-kelompok disebut domain atau ranah. (鉄のような強磁性体の中で磁石の性質を持つ原子が重なって集められているところを「domain 磁区」または「ranah 波状に起伏している土地」と呼ぶ。これを示す図がある。)

以上で見てきたように一般に物理現象や定義そのものは丁寧に、易しい言葉で説明されている。同国の高等学校では詰め込み教育といわれるほど多くの内容が教科書に盛り込まれていて、大学の教養課程で学ぶ内容の殆どが含まれているようである。このようにしてもやはり古典分野から現代物理学分野に進むにつれて説明に限界が見られ、「物理3」では外来語がまだ確立されていない外来語で説明されていたり、英語そのもので説明されることも多くなってくる。

### 3. 高等学校の「数学」と「物理の数学」との関連

高等学校用の「数学」の概略は次の通りである。

#### ◆数学1 (1年次)

指数と根, 2次方程式, 三角関数, 対数関数, 三角関数の公式, 立体図形, 直線系, 行列 ( $m$ 行  $n$ 列) と行列式, 小行列と種々の行列

## ◆数学2 (2年次)

順列と組み合わせ, 集合の基礎, 統計 (ガウス分布, ポアソン分布など), 三角関数の公式, 対応と逆関数, 関数の極限, 関数の微分, 指数関数と対数関数の微分, 線型空間

## ◆数学3 (3年次)

ベクトルとスカラー積など, 2次曲線, 周期関数, 二項定理, 積分, 微分と積分の関係Ⅰ, 線型変換, 3次元空間, 論理, 指数関数と自然対数, 微分と積分の関係Ⅱ

初等関数の微分積分などはかなり面倒なものまで含まれている。日本の高等学校の範囲を超えるものとして, 3元以上の連立方程式の解法としてクラメル公式と掃き出し法, 写像, 論理, 立体図形, 座標変換の行列表示 (併進, 回転, 逆回転など) などがある。その前提となる行列, 行列式の演算や集合論はかなり詳しく説明されている。物理と関連する例としては, 抵抗の無い落下運動 (2次方程式), ばねの単振動, 座標変換の行列表示, 結晶の対称性や六方最密, 実験データの統計処理などで, 数は多くないが高度な内容にも触れている。

「物理」の教科書の設問は「剛体の回転運動とは何か」, 「内部エネルギーとはどんなエネルギーか」, 「同位元素記号の説明」などの簡単なものの他に単に式に数値を代入して計算する問題が大部分を占める。現象を理解するための設問も少数ある。論理を追求するもの, 定理の証明などは殆ど見当たらない。教科書同様に参考書や問題集も種類は少ないが, 主に国家試験の準備用に市販されている。これらによると物理も数学も現象や論理を追求するよりも多くの式に慣れ, それに従い計算したり作図する形式が圧倒的に多い。教科書「物理」で使われている数学はほぼ教科書「数学」の範囲内である。

「物理1, 2」では主として現象が説明され, 定理の導入などは図形と幾何学, ベクトルの和と差, 三角形の辺の長さや角度の関係, 三角関数の和, 極限值などが使われているが数学の使用は極力避けられている。さらに「物理3」では高等学校の数学の範囲に加え, ベクトルのスカラー積, ベクトル積も用いられている。微積分は全ての範囲で活用されている。また微分方程式の初歩を用い, 既に習った数学が全て活用されている。ベクトル積, 微分方程式などはこの数学の教科書には記述されていない。微積分とベクトルなどの高等数学を援用しているのは理工学志望者用の「物理3」である。平均の速さを  $v = \Delta r / \Delta t$  で定義し, その極限值としての微分で瞬間の速さを定義しているのが微分の初めての導入である。ベクトルの微分, ベクトルのスカラー積とベクトル積の導入, その可換, 非可換性, 直交座標軸の成分の分解, 物理量の応用例として重心の座標, 仕事や角運動量の保存則などは大学の講義のレベルである。ベクトルは一般

に微分, 積分をすると値だけでなく方向も変わることを位置のベクトルを例として, 座標軸が回転する時は座標成分と単位ベクトルの両方が時間の関数になるので微分は積の微分になることを強調している。このことは後で座標変換や相対論の説明にも示されている。単振動運動で, 作用する力の関係から2階の微分方程式を導き, 微分方程式とはどんな方程式かをここで始めて示している。一般の解法ではなく,  $\sin, \cos$  を与え係数を決める方式で解を求め, やや天下りの的であるがその根拠などは丁寧に説明されている。また放射性物質の崩壊の説明で減衰係数の導入に1階の微分方程式が与えられている。この解は単なる積分であるので説明は無い。教科書に微分方程式が現れるのはこの2例だけであるが問題集には適宜用いられている。その他の分野でも微積分は必ず使われているが, 電磁気で用いられるガウスの法則とストークスの法則などには  $\text{grad}, \text{div}, \text{rot}$  は導入されていない。気体分子運動論とその内部エネルギーの議論は大学の初等過程とほぼ同じである。教科書に無いが問題集で結晶の対称性に群論の初歩が記述されている例は高度過ぎる。文化教育省は教える項目は厳密に指示しているが, 日本のように「数学の授業で教えないことは教えるはならない」とか「微積分を使ってはならない」などの細かい規制は無いようである。このように教科書が出来ているから, どのように教えるかは指導者に任されているようで, 当然ながら実力がある良い教師でないと教科書だけでは対応できないこともあろう。「物理3」には大学教養課程の殆ど全ての内容が含まれているので1年間で全ての内容を全ての生徒に納得できるようには教え切れないであろう。しかしながら教科書は百科事典的な存在であるので, これが能力が高く向学心に富む生徒には物理学の深い追求の指針になっている。

## 4. 大学の物理, エレクトロニクスとコンピュータの実験

大学の物理関係の授業では多くの教師は古い1960年代の英語の専門書を参考にしている。実験では手書きの簡単なコピーを使っているが一般に教科書は使われていない。インドネシア語の教科書の種類が少ないこと, 英語の原書もインドネシア語の教科書でも高価であることなどのためである。上述の3つの大学の他にインドネシアを代表する大学のインドネシア大学(ジャカルタ), バンドン工科大学, ジョグジャカルタにあるガジャマダ大学, スラバヤ大学内の書店でも大都市のジャカルタ, バンドン, ジョグジャカルタ, スラバヤなどの書籍専門店でも大学の図書館でも物理関係だけでなく他の専門書も種類が少ない。この状況の下で学生はぼろぼろになった30年も前の専門書を薄暗い廊下で懸命に写している現実

日本では失われた尊い姿である。このような状況であるから高等学校の教科書は大学生にとっても辞書的な貴重な存在である。市中の書籍専門店で手に入れた13冊のインドネシア語の物理学の教科書、参考書類の殆どが訳本である。その中でインドネシア人の原著と思われる1冊、基礎物理学 (D. L. Tobing 著, Fisika Dasar 1, 2) は標準的な教科書であるので内容を紹介します。項目はほぼ高等学校用の国定教科書「物理」にそっており、演習問題などもかなり似ている。数値計算を求めるものが多く、論理を追求するのは殆ど無い。計算は途中を省かず少し冗長であるが説明は丁寧である。基礎の授業でもこの形式が多い。Fisika Dasar 1の章は、質点の運動、質点の力学、仕事とエネルギー、運動量と力積、剛体の力学、剛体の平衡、流体の性質、静電場、直流と電気回路、磁場、磁場の中のアンペアの法則、電磁誘導、RCLを含む電気回路、交流である。Fisika Dasar 2は高等学校用の国定教科書「物理」の後半とほぼ同じである。これらによると高等学校以後の用語は gaya konservatif (保存力), divergensi intensitas (divE), non-ohmik (オーム的でない) 等のように殆ど全てが外来語でできている。各章には30から70問の設問が用意されており、その形式は殆ど全てが計算問題である。多くの講義がこの徹底した計算中心で、講義の後で学生に物理現象を自由に説明させる形式が良く見られる。

大学の初等の講義では最近の学問を除いて、教える側が経験を積んでいるので用語が不足することはないようである。物理常数や信頼できる広範囲の実験データを纏めた表や本が乏しいこと、さらに大学の実験指導書や機器の取扱説明書の中に用いるエレクトロニクスやコンピュータに関する用語が不足していること、一般に研究が教育に反映される環境が無いことなどが後で述べるように日進月歩の実験教育にかなり深刻な問題になってくる。

大学の基礎物理学の講義では新しい話題を除いて教える側に経験があるので用語については特に不自由はないようである。エレクトロニクスの学生実験レポートには、ダイオードやトランジスタの特性などの電子回路分野の用語は統一されて使われている。これらはやはり高等学校の教科書に記載されているため定着しているものと思われる。どの教育段階までの用語が確立され定着しているのかはかなりはっきりしていて、高等学校の教科書に記載されている範囲までである。

比較的新しい話題の半導体、超伝導、ソリトン、フラクタル、カオス、フラーレン、準結晶、液晶などについては原著以外からの情報入手は困難である。これらは一部の大学の高学年のシラバスに記載されているが殆ど講義されていないようであり未開の教育分野である。

大学には日本、UNESCOや世界銀行から実験機器、

装置やコンピュータが長年にわたり供与され学生実験に活用されている。ここ数年内に供与されたものは日本の大学の水準に遥かに及ばないが、既存の物に較べると高度で非常に貴重なものである。多くの教育者と学生は使った経験が無いので指導書が重要な意味を持つ。次にこの事情を大学の教材を基に説明する。われわれとインドネシア人との意見交換は普通は英語であるが、多くの技術指導員と学生にはインドネシア語に訳す必要がある。その時、両者の英語からインドネシア語に訳されると食い違いが大きく現れることがある。そこでこれらのインドネシア語訳から疑問点を見出し議論した。ここでは電気通信大学の物理実験指導書「光速度測定実験の概略、A4版13頁」のわれわれの英語訳からインドネシア語の実験指導書にされた例について述べる。これは日本の大学でも学生が経験を重ねて理解できるかなり専門的な用語も含む。そのため如何にして易しく理解させるか工夫をこらし、インドネシア語に訳されるのにかなりの手間がかかった一例である。言葉の上では原文通りに訳されているが、問題は古典的な実験以外の経験がある人が殆どいないため、専門用語に馴染みが無いことである。まず基本的な「modulasi 変調」、「sweep 掃引」、「sinkronisasi 同期をとる」が次のように説明されている。

- ・「Modulasi berarti memodifikasi pulsa atau gelombang sinesoidal sesuai dengan signal. (変調とはパルスか正弦波に信号に応じた変化を加えることを意味する)」
- ・「... Setelah sampai diujung kanan, titik itu akan kembali ke kiri karena adanya "sweep" (この点が、右の端に達した後、左に戻ることを繰り返すのが"sweep"である)」
- ・「..Dengan cara ini potensial sinyal diatur sehingga selalu selangkah dengan potensial sweep; dikatakan sinyal telah disinkronkan dengan sweep. (この方法で信号電圧は規則的になり、その結果常にsweep電圧と歩調を合わせる；このことを信号がsweepと同期したと言う)」。

また、「op-amp tak membalik 非反転演算増幅器」、「titik berpendar 輝点」、「pulsa cahaya kereta api dari semikonduktor laser 光パルス列」、「cermin semi transparan 半透明鏡」、「pembangkit pulsa パルス発生器」、「penundaan waktu 時間遅延」、「left-sided carousel 左側のカーソル」、「lintas cahaya 光路」、「menyesuaikan dengan impedansi インピーダンス整合を取る」、「meng "hidup" kan メインスイッチを入れる (memasukkan listrik 電源を入れる)」、「gelombang bergetar 波形が揺れる」、「frekuensi meloncat 周波数が飛ぶ」、「FINE, tombol FINE dari WIDTH yang berwarna merah WIDTHの赤いつまみ」、「garis terang 輝線」、「gangguan pada

gelombang 波形の乱れ」, 「plat pembelok 偏向板」のような技術的に重要な語句に、実験を通じて直感的に意味が通じる適切なインドネシア語が当てはめられているが「物理用語」として定着していないが多い。“sweep”や“trigger”は英語そのものであるが「meng “hidup” kan」らと共に重要な用語であるので訳者の定着させたい意図が引用符“ ”に表れている。“sweep”を訳す時、関係者が学生を含みインドネシア語の「sapu 箒, menyapu 掃く, 消す」を当てはめることを検討した。「物理の sweep はさっと通り過ぎる」であるが「menyapu は掃く, 消す」であるので物理用語としての共通点が無いらしく、結局、英語のまま使うことにした。さらに以上の用語の中に説明不足のため意味が通じないものが沢山ある。当然ながら他の大学の教員が訳すと全く異なる語句が使われる可能性があることは一般的な同じ題目の同じ実験にたいする指導書中でも専門用語が大学間でかなり異なることから指摘できる。学術雑誌等の媒体が殆ど無いため他の理工科大学や研究所はおろか、同じ大学内でもこれについての意見交換が不足していることは今まで指摘されなかった教育上の欠点である。

大都市に住む大学生の最大の関心事は日本と同じくパソコン、携帯電話、インターネットのようである。大学でも1本の電話回線を2学科で共有している状況では学生はインターネットを自由に使えないし、携帯電話(500万ルピアで公務員の月収の4倍程度)もパソコンも個人レベルには普及していない。大学が30もありその他の専門学校や予備校が多い学園都市のバンドン市にはインターネットカフェなるものが沢山あり学生だけでなく大学関係者も利用している。どこの大学でもコンピュータの数は十分あるが、DOSマシンが主体であるがWindowsも徐々に導入されている。実習は1クラス20人程度の学生が各人1台のコンピュータを前にパワーポイントによる画面を見ながら丁寧な指導を受け実習している。その教育内容は各大学で余り違わないが常に範囲を広げている。ここで国立ジョグジャカルタ大学の物理学科で使われている標準的な実習指導書Komputer Pendidikan Fisika Oleh Suharyanto (国立ジョグジャカルタ大学上級講師スハリヤント著、物理教育コンピュータ、B5版80頁)を参考に示す。演習は1. コンピュータの知識 2. オペレーションシステム 3. ターボパスカルの知識 4. 入出力の宣言 5. WHILE DO, REPEAT UNTIL, FOR TO DOなどの構造 6. 分枝(IF THEN, CASE OFなど)の構造 7. サブルーチン 8. 引数、配列 9. グラフィックプログラムの基礎 10. グラフィックモードのテキスト 11. グラフィック関数 12. アニメプログラムの基礎である。演習1と12の一部(日本語訳のみ)を示す。

#### ・演習01 コンピュータの知識

目的：次のことが出来ることを期待して実習を行う。

1. コンピュータシステムの一つ一つのパーツの知識を得る。
2. 正しい過程でコンピュータを始動し、終了する。
3. 新しいディスクを準備する。
4. プログラム例を呼び出し、終了する。

実習1：コンピュータの各パーツの知識を得る。

実習2：コンピュータの始動と終了(DOSディスクとハードディスクの使用法)。

実習3：新しいディスクの使用法。

実習4：例題プログラムの活用と終了。

#### ・演習12 アニメプログラムの基礎

目的：これらの実習を行うと次のことが期待できる。

1. アニメの技術を習得する。
2. 画像消去技術でアニメプログラムを作る。
3. 画像記憶保存技術でアニメプログラムを作る。

アニメの技術：動く画像は静止画像に較べて魅惑的である。特に最適の色を使ったものはなおさらである。そのため多くの動画は、見る者の関心を引き付けるため、情報と教育の媒体として有益である。その結果、伝えられる事柄がより良い手段で受け入れられることが期待できる。ターボパスカルの中には、ある画像に動く印象を与えるためのいくつかの画像アニメ技術がある。このアニメ技術は次のことを含んでいる：色彩処理、色消去と画像記憶保存である。

実習3：記憶保存技術を用いたアニメ。

既に勉強してきた色彩処理と画像消去のアニメ技術には欠点がある。例えばもし作られた画像が複雑すぎるなら運動が連続的でなく不自然に見える。この理由は、もし画像が複雑であれば、その作画がある作画過程と比較的長い処理時間がかかるもう一つの作画過程の組み合わせであることによる。この欠点は、作画過程が一度だけで十分になるようにするために画像を保存し希望する位置に進める画像記憶法で克服できる。このアニメ技術を実習する。(1) 画像の記憶サイズの決定 (2) 動変数の作製 (3) 画像記憶と (4) 画像記憶処理。

ここで日本の大学におけるコンピュータ基礎教育と較べてみると、例えば日本の理工系大学ではコンピュータリテラシーとしてネットワークの概念と端末としてパーソナルコンピュータの利用、ネットワーク使用上の諸注意、文書作成、データ処理、プレゼンテーション、ホームページの作製、C言語によるプログラムの作成などがある。インドネシアの大学の理工科教育系基礎教育としては初期のコンピュータの基本操作とパスカル言語を用いたプログラムの作成が主体であるが日本の基礎教育に急速に近づく努力をしている。

このような実習にはマウスとキーの操作だけなので複雑な作業が無く、指導者が操作を見せるので今までに出



てきた簡単な用語だけで十分間にあっている。また、「unit masukan 入力素子」、「unit memory 記憶素子」、「papan kenci キーボード」、「tombol mesin ketik クリックボタン」、「alat penyimpanan luar 外部記憶素子」、「alat luar 補助機器」、「disk drive, pemutar cakram 回転円盤」、「monitor, layar peraga 視覚映写幕」などは常に補足説明が必要な用語である。「aktif」、「memformat フォーマットする、diformat フォーマットされる」などは外来語である。「laser printer, warm booting, cold booting, mouse, scanner, dot matrix, monitor, program, hard disk, disket」などは日本でも殆どが外来語であるように英語そのものである。これらはどこでも通用できるように見えるが物理学用語ほど普遍的ではなく非常にローカルで学科内はおろかあるグループにしか通じないのが沢山ある。言葉の問題を含む初歩のコンピュータ教育は慣れ親しむことが重要であるが現状ではその環境は十分でない。日本でも最近やっと定着しパソコン辞典などに纏められつつあるこれらの言葉の統一は教育環境の整備と共に急務の事項である。

## 5. 結言

インドネシアにおける物理学教育の専門用語は主に高等学校用の国定教科書に基づいている。高等学校以後の教育分野では主に英語そのものか英語に基づく外来語であるが、それらの物理学用語が十分に確立され定着していない。長期的な物理学教育の発展には用語の整備拡充、統一、普及が不可欠である。これは従来は余り考慮されていなかったことである。現状ではこの教育環境が不十分なため、すなわち学術雑誌、書籍、交通、通信の利用が極端に不便なため用語が自然に定着することは望めない。そこで3つの教育大学の有志の関係者が核になり基本用語集の編集と普及を積極的に推し進めている。そこには高等学校生、大学生を対象に物理定数と実験データ、最新の学問や話題も含む基礎物理学、基礎エレクトロニクスとコンピュータ用語の合わせて約3000の基本用語が既に集められている。これらは教育上十分な数であり、説明はインドネシア語だけであるが英語が併記されている。新たに定義を確認して、教科書などで定着している語を含めて数年以内に1冊の本に纏めることを目指して、現地の多方面の専門家にも参加を呼びかけ作業が進んでいる。

インドネシアの物理教育改善に携われ、その貴重な資料を提供され、熱心に議論していただいた杏林大学医学部物理学教室の竹内義雄氏、電気通信大学の基礎物理実験指導書の活用を快諾された伊東敏雄教授、さらに協力を惜しまず貴重な情報を提供され、熱心に議論していただいた国立インドネシア教育大学教授 A.A.Hinduan 博士、

同大学上級講師 A.Hikmat 氏、国立ジョグジャカルタ大学上級講師 Mundilarto 博士、同 A.Purwanto 氏に感謝する。

## 6. 参考文献

- 1) 佐々木行彦, 遠山紘司, A.A.Hinduan, Omang W., Mundilarto, A.Purwanto, K.Sentoto: 電気通信大学紀要, 14巻2号 pp.195-209 (2002).