

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 30 日現在

機関番号：57101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650521

研究課題名(和文) 学生の習熟段階に応じたPBL視点を組み込んだ双方向実験ノート作成指導に関する研究

研究課題名(英文) Studies on the two-way experiment note-taking guidance incorporating a PBL perspective according to the proficiency level of students

研究代表者

越地 尚宏 (KOSHIJI, Naohiro)

久留米工業高等専門学校・電気電子工学科・教授

研究者番号：90234749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円、(間接経費) 300,000円

研究成果の概要(和文)：教育現場では様々な学生教育が目的の学生実験が行われており、その評価は実験レポートの評価が主である。一方、レポートの基礎となる実験ノート指導はほとんど行われていないのが実情である。本研究ではIT技術も視野に入れながらノート指導に関する研究を行った。特に学生が目的意識を持って実験に取り組めるよう、フォーマットや指導方法に工夫をし一定の成果を得た。IT機器の活用においては、その使用目的の明確化が不可欠であることが判明した。また多くの教育者に実験に関するアンケート調査を行ったが、組織だった実験に関する基礎的教育が行われていないことが判明し、そのシステムの構築が我が国にとって急務であることも判明した。

研究成果の概要(英文)：Experiments for students education is conducted in educational settings, the assessment is mainly for the experimental report. On the other hand, the fact is that teaching a technique for experiment notebook description underlying the report has not yet been done little. In this study, while also considering IT technology, a study was made of the method of guidance with respect to note description. In particular, students to conduct experiments with a sense of purpose, we have devised teaching methods and format. In the use of IT equipment, we found that clarification of the purpose of the use of IT equipment is important. For many educators, we conducted a questionnaire survey on experiments, that basic education on a systematic experimentation to students has not been performed was found. And that the construction of the system is an urgent need for Japan was also found.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 科学教育

キーワード：実験ノート PBL 双方向的指導 教育のIT化 習熟度に応じた教育

1. 研究開始当初の背景

教育現場では様々な実験や実習が行われている。その際学生の実験に対する取り組みの評価の指標としてレポート提出があり、レポートの評価で主として実験の評価が行われており、必要とあれば添削や再提出等の指導が行われているのが実情である。一方レポートの前提となる実験ノートに注目すると、学生の中には紙にメモ書き程度の扱いをする事例も散見される。指導する側も指導の重要性は頭ではわかっているがノート指導に費やす膨大な時間と労力を考え、なかなかノート指導までは手を出せないのが実情と思われる。しかし理工学系の現場では特許出願時も含め実験ノートの重要性は計り知れない。一方前述のような学生でも指導をすれば見違えるようなノートを作ってくる場合も多い。そこで本研究では効率的かつ有効なノート指導手法の開発を目的とし、近年発達した IT 機器の使用も視野に入れ、『学生の習熟度に応じた双方向指導の観点』と、受け身の実験でない、『学生自らが問題意識を持って行えることを目指した PBL 観点』を柱とした研究開発を行う。

2. 研究の目的

前述のような実験ノート指導について、実験ノートの持つ 2 つの側面、すなわち『記録としての実験ノート』と『思考ツールとしての実験ノート』の 2 点について焦点を合わせた指導法を開発を行った。特に後者は学生が主体的に問題点を意識しながら実験を行い、生じた疑問、特筆すべき事項そして伝えるべき事項をその場で記していき、それを伝えていくという技術者や科学者にとって不可欠な能動的学習態度の養成には最適の教材 / 機会である。その教育を IT 機器の効率的な導入も視野に入れ、指導者が過度の負担を負うことなく実現するハードソフト両面に渡るシステムの構築も目的の一つである。さらに広範囲の意識調査を実施し、実験ノート、さらには学生実験全般にわたる平均的な意見や意識および実情の調査も本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 【Plan() : 現状の把握と検証 1】

実験ノート(および実験レポート)に関する運用その他に関する問題点や課題および今後のあるべき方向性とその効果の抽出と検討

はじめに、各担当者が担当している実験 / 実習科目について、その担当学年や実験 / 実習科目の特性、目的に留意しながら、かつその達成目標にも着目し、その実験 / 実習科目の運用方法に関して問題点や課題の総括 / 整理を行った。特に現在ほとんど運用および着目されていない実験ノートに関し、ではなぜそれが運用されていないのかを検討した。

また現在実験 / 実習科目における学生サ

イドの最終課題であり、かつ指導側にとっては学生がいかにかその実験テーマに対して取り組んでいるかをそれにとって評価する(現時点での主たる)評価対象である実験レポートに関しても、その長所や短所および運用面での方向性や問題点、課題等も抽出検討した。

(2) 【Plan() : 現状の把握と検証 2】

他の教育・研究組織や学校種の異なった教育機関において検討および試みられている取り組みの調査(旅費及び通信費を活用)

【現状の把握と検証 1】で行った試みは閉ざされた範囲での総括であり、より一般的 / 平均的な実態や実情、および様々なところで行われている、多様な試みを把握するため、以下の 2 点の手法を用いた。

他の教育・研究組織や学校種の異なった教育機関において検討および試みられている取り組みの調査(旅費及び通信費を活用)

現在、様々な教育・研究機関において、理科・技術教育に関して様々な観点からの取り組みが行われている。そこで実験や実習科目に関連すると思われる取り組みや、あるいは一見すると無関係と思われるが、うまくジョイントすることで、1 + 1 が 3 や 4 になるような基礎的あるいは応用技術展開や様々なアプローチや試みに対しても情報収集を行った。

ある一定の範囲の配布範囲を設定し、実験・実習科目の運用や、実験ノートに関する取り組みの実態や意見、実験レポートの取り扱いとそれらに付随する新たな着目点や問題点、これらに関しての取り組みや問題点の有無についてアンケート調査を行った。

また調査観点の一つとして、近年爆発的に発達した IT 機器や IT 運用システムの実験実習科目への適用(やその意思)の有無についてもアンケート調査を行い、現時点での平均的な実態の把握に努めた。

(3) 【Do & Check: 実験ノートを核とする新たな実験 / 実習スタイルの構築】

個別の実験・実習テーマについて、双方向的やりとりを潤滑に行うための実験ノート活用の試行

担当する実験科目において、実験ノートの運用に関して、様々な観点および手法により、学年に応じた実験ノート(および実験レポート)の運用を試みた。その試みに関しては、随時 P (Plan : 計画) D (Do : 実行) C (Check : 評価) A (Act : 改善) サイクルを回し、自己分析を行うとともに随時対象学生の意見等を check 段階に取り入れることで、内容の取捨選択をダイナミズムを恐れずに行い、内容のスパイラルアップを試みた。具体的には研究成果のところ述べるように、学生の習熟度とそれに対応する実験の目的にミスマッチが起こらないよう、手法や手

段の取舍選択を行った。

また(2)でも述べた IT 機器やシステムを積極的に用いたシステムを試作し、その製作プロセスを経て得たハードおよびソフト双方に関しての知見も含めて、その有効性と問題点を検証した。

(4) 【Check:& Action : 総括】(旅費を使用) 研究結果の総括と Discussion

(研究成果の欄に述べるように)得られた結果を題材/話題として、教育機関における実験のあり方とその運用について全国範囲の研修者に対する討論の場を設け、研究内容について総括を行うと同時に、今後の展開指針を得た。

4. 研究成果

(1) 担当者の担当している実験科目について実験ノート(および実験レポート)に関する運用その他に関する問題点や課題および今後のあるべき方向性とその効果の抽出と検討/総括を行った。現時点では特にノート記述の指導を意識していない状態では実験ノートは『記録/メモとしての実験ノート』の域を出ておらず、『思考ツールとしての実験ノート』の役割は実験後にまとめる『実験レポート』が(限定的ではあるが)その役割を演じていることがわかった。また複数の学生がグループを組織して実験を行う場合、効率よく実験を行うという名分のもと『実験を実際に行う作業係(実験作業が得意な学生がこれにあたることが多い)』と『記録係』の学生の役割分担が無意識のうちに形成され、『記録係』の記したノートを他の学生が見てレポートを作るというスタイルも散見される。その場合そのテーマに関して実験ノートをとらない学生が存在することとなる。それだけでなく実験ノートも実験作業と乖離し、『データ(数値)のみの記録』となり、実際の作業で得られた知見や疑問点/問題点は記録されない文字通り単なる『データ記録簿』となってしまう。もちろん企業や研究機関等で、データ収集を第一目的とした実験実習においてはそのスタイルも十分想定されると考えられるが、ノート記述を含む実験手法を学ぶ教育機関においては不十分と言わざるを得ない。(しかしこれに関しては以降の(3)でも実験を行う教員サイドのスタンスの課題としても言及する。)

それを補完する試みとして、実験全般(作業内容やデータ等について)に関し、学生個々の理解度を確認/評価する試みとして科目によっては口頭試問を課す科目もある。しかしそれに費やす労力もまた膨大なものとなり、またその評価の記録性や客観性等にも課題があると言わざるを得ない。一方ノートを評価するためには、その場(もしくは早い段階)での評価指導が必修となる。そのためそれ専任のスタッフが必要となる場合

もある。それを補うツールとして IT 機器の活用の検討も必要であることが認識された。また学生の側に立ってみても、IT 機器を活用することにより過度の負担が軽減されるのではとの認識もあった。それについて、実際に実験指導の場での活用が検討され、その結果は(3)で後述する。また一番のポイントは『指導する側のノート指導に対する認識』であると考えられる。前述の役割分担方式は、『データをとる』『記録をとる』『レポートにまとめる』という一連の作業においては効率的で、逆に『全ての学生それぞれが別個のノートをとる』方が非効率であり、学生の抵抗感もあった。これらの指導をする際には、指導スタッフがその目的を十分理解/説明した上で運用することが大事であると同時に、後述の IT 機器の利用や定型フォーマットを作成し無理なく運用できる仕組み作りが重要であるとの認識を得た。

(2) 現状の把握として他の組織の取り組みの情報収集を行った。

教育現場における IT 機器導入実態調査

IT とりわけ近年の教育現場への IT 機器の導入は行政機関等のテコ入れもあり、加速度的/爆発的に進んでおり、その現状の調査と考察を行った。特に普及しているのはタブレットと電子黒板であるがその運用には『提示型』と『参加型』があることがわかった。『すぐ消えてしまう』、『コンテンツ作成に労力がかかる』とのデメリットがある一方、デジタルの特性を生かし、拡大、書き込み、保存、復元(再提示)、一斉配信が容易であることがメリットである。しかしデジタルの場合は作り込むことによって、構成は美しいが学生がただ眺めているだけになる可能性もある。その観点では、従来の黒板やノート記載は、『書く』ことで試行の手順が見え、体感することが可能となる等のメリットもある。

さて、ラーニングピラミッド(授業形式の違いにより平均学習定着率)の考察では、講義を聴くだけでは 5%の定着だけであり、グループ討議(50%)、自ら体験する(75%)、他の人に教える(90%)との差は大きい。高校までの学びでは『は である』という、命題や情報の暗記、すなわち『命題知の学習』が中心であり、それは現在の大学受験がその量や質のチェックにより成り立っていることと不可分であろう。しかし実社会で求められるのはこれら『命題知』を基礎とする『実践知』や『活用知』であり、それを実践的に養成するのが『実験実習科目』であると言え、これらを養成することこそが高等教育に求められている使命であると言える。またそのためには学習者のスタイルとして『指導書に従って実験をして、得られたデータを記録し報告する』という『受動的な学習態度』から『自ら問題点を想定し、問題点を意識しながら実験を行い、生じた疑問、特筆すべき事項そして伝えるべき事項(後述)をその場で記していき、またそれを伝えていくという能

動的学習態度』の涵養とそれを実現するためのツールとして『実験ノート』指導は最適であるといえる。従って IT かアナログかの手段は実は問題ではなく、目的のために従来のアナログ的手法と新たな手法である IT 機器を利用したデジタル的手法の特色を相乗効果的に生かすシステム作りが急務であろう。このように現在の IT 機器導入実態の調査がこの調査の端緒であったが、図らずも『実験ノート指導の現代高等教育における重要性と有用性』を再認識することとなった。

九州沖縄地区高等専門学校（高専）全ての実験／実習科目担当者へのアンケート調査および全国物理担当高専教員に対するアンケート

前述の調査によって得られた知見をもとに実践的技術者教育がその使命であり、実験実習の教育はその教育システム／プログラム上、重要な位置を占めていると考えられる高等専門学校の実験担当者に以下のアンケートを実施した。調査対象範囲は九州沖縄地区全高専全学科（一般基礎科目理科系を含む）とし、公開されているシラバスから実験実習科目を全て抽出し、シラバス記載の全教員に対してアンケートを送付した。（従って同一教員が複数の実験科目を担当している場合は複数のアンケートを送付した）アンケート項目は以下の通りである。（主なものを記載）

実験全般に関して

教材の有無、グループ人数、指導体制

実験ノートについて

使用しているか、使用しているならその形態、指導の有無とその理由、指導しているならその形態、指導のポイント（単位、データ、原理や実験手法、グラフの記述、意見や考察）指導時期

IT 機器の活用について

使用している IT 機器の種類とその理由（使用していない場合はその理由も）

実験の評価手法

評価基準、学年に応じた指導の有無など

アンケート作成時の予想としては、(1)で議論した実感として『意義は見いだしているがそれに割り振る時間や労力などのリソースが足りない』という意見が多数を占めているであろうと予想したがアンケートの集計結果は、意外なことに、（ある意味では順当とも言えるが）ノート指導の意義を見いだしている教員はごくわずかであった。その原因としては実験ノート指導の意義が認識されていないということもあろうが、他方、高専の実験／実習科目には『高度の技術の実践を通しての習得』の側面も多くあり、そのような基盤となる実験ノート技法の指導は基礎的実験科目（高専における低学年での『物理実験』『化学実験』等）の役割のとらえられている可能性があることが考察された。そこで、今度はその基礎的部分を担当している全

国の高専の物理担当者に同様のアンケートを実施した。想定外の急遽実施したアンケートであったため、全国高専のうち 1 / 5 程度の回答であったが、そこでもノート指導を含む実験全般に対する基礎的かつ実地の指導はそれを主目的としては行われていないことが判明した。さらにこれら基礎的実験（物理実験や化学実験）を、それを一つの科目として単位認定し、取り上げている高専は（本校を含めて）ごく少数であることが今回の調査で明らかになった。すなわち技術者養成の学校としての最初の実験科目として、ノート記述やデータ収集手法、解析手法、あるいはチームとして行動する際の基礎的訓練という見地からのいわゆる『実験学』的なアプローチではなく、座学の一環として物理や化学の現象を体験してみようというスタンスでの実験であることがわかった。これは今回の研究の（予想外ではあったが）最大の収穫で、技術者、科学者の卵に対して実験の心構えや倫理観の涵養などの本質的な事項から、ノート記述やレポート記述等のテクニカルな側面を教育するいわゆる『実験学』がその問題や意義を理解したうえで体系的に取り組むということが行われていないという日本の技術／科学教育の（見逃されていたが大きな）落とし穴を認識することができた。このことは H26 年初頭から社会的に大きな話題となったあるサイエンスの話題・問題が、俎上に上がった一研究者の素養や資質の問題ではなく、技術者／科学者教育・育成のシステムの不備がその背景にあると考えられていることと一致していると考えられ、その対策は技術立国を標榜する我が国としては急務であるといえる。

3) 具体的な実践として実験ノートを核とする試みや IT システムの導入を試みた。学生一人一人にノート（A4 版：方眼目盛り罫線）を配布し、それを核とした実験科目の検証を行った。またその試みを補強する狙いとして、実験レポートのうち、実験目的や手法を実験前にあらかじめ記載させ提出させる試みも行った。従来、これらは実験終了後、実験結果とともに提出させていたが、事前にレポートとして記すことで、その内容（含：疑問点）を把握して実験に取り組むことができた。実験ノートには

タイトル

実験に用いた機器の装置名や番号

実験機器の配置や配線（ 1 ）

実験データ

実験において気づいた事柄や指導を受けた点（ 2 ）

等を記入させ、実験終了後その場で添削指導をした。また学生は実験ノート提出時には記載内容のチェックシートの提出も必修で、その記述を通してノート記載内容を自己評価・点検させている。その中で上記 1 に関して、初年度は IT 機器の積極利用の一環としてデ

ジカメ撮影した実験装置や配線写真をクラウドシステムであるファイルサーバーに上げ、それをグループで共有し、必要なら印刷をしてのノートに張る(レポートに添付)という作業を指示した。ところが学生に写真を何のために撮るということを十分指導/理解させずに一連の作業を行ったため、写真は配線や配置の確認や再現に供するために撮るということが徹底されていず、いわゆるできあがったものはいわゆる彼らが日常のSNSでアップする『スナップ(風景)写真』でしかなく、こちらの意図することを伝えるのに時間がかかった。そこで次年度からはデジカメ写真は一切用いず、配線や配置図を手書きのスケッチで描かせた。当初はその煩雑さに学生から反対意見も出たが、『ノートは第三者がみても再現できるように書くものである』を繰り返し伝えた結果、むしろ競ってわかりやすい図を描くようになり、各人が様々な工夫をして描くようになった。また中には付箋を計器や配線に張り、確認をしながら実験を行うものも現れた。このようにむやみにIT機器に頼るのではなく、アナログ、デジタルの特性を十分理解し、段階に応じて使い分けることの大切さの実感を得た。また2に関してはラーニングピラミッドの最下部に位置する『他の人に教える(理解度90%)』ことを意図して『安全やノウハウに対する引き継ぎメモ』を作成/運用した。通常実験科目は各グループが機器をローテーションしながら行うのでその状況を積極的に生かし、その機器を使う上での、特に安全上の留意点を中心に、技術スタッフに注意された点や実験上の注意点や解析の留意点等をノートに各自記載させ、それをチームごとにまとめて次のグループに引き継ぐという、いわば『他の人のためのノート作り』を行い、実験上でも安全上の観点からも含めて大変有意義な試みであった。従って繰り返すがIT機器の利用に際しては、学生が使う機器に関してはその利用の意義を十分に理解させて行うことが重要であることがわかった。また研究期間中、A4ノートを開いたままスキャンできる機器が発表され、これを用いてノートのデジタル化を行った結果、指導や保存性の観点からも大変有効であり、これらの積極的な利用は大きな可能性を感じさせた。ただし我々の使用目的にカスタマイズされた、かつひとつ上のレベルで使用するためにはそれら機器を統合した実験ノートを含む実験管理統合システムの開発が不可欠/急務である。これらを用いれば事後のアンケートや前述のチェックシートの整理や統計も容易に行える。これらについては機器の開発技術者、あるいはIT関係の技術を持つ者の技術力と、私たちの持つノウハウの融合が不可欠であり、これらの開発チームの結成も急務であろう。

最後にこの研究を通して『双方向の実験ノー

ト指導の有効性と必要性』が再認識された。その知見を後述のホームページ等で配信し、多くの教育者が実りある実験指導ができるための一助となることを目指している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

越地尚宏、高専における実験指導実態のアンケート調査報告、日本物理学会第69回年次大会高専物理教育意見交換セッション、2014年3月28日、東海大学湘南キャンパス

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ges.kurume-nct.ac.jp/~koshi/jikken>

6. 研究組織

(1)研究代表者

越地 尚宏 (KOSHIJI, Naohiro)

久留米工業高等専門学校・電気電子工学科・教授

研究者番号：90234749

(2)研究分担者

馬越 幹男 (UMAKOSHI, Mikio)

久留米工業高等専門学校・材料工学科・教授

研究者番号：10091357

辻 豊 (TUJI, Yutaka)

久留米工業高等専門学校・生物応用化学科・教授

研究者番号：40197687

谷 太郎 (TANI, Taro)

久留米工業高等専門学校・一般科目(理科系)・准教授

研究者番号：40421359

森 保仁 (MORI, Yasuhito)

佐世保工業高等専門学校・一般科目理科系・教授

研究者番号：80243898

(3)連携研究者 無