

2. 初等中等教育と先端情報技術応用

岡本敏雄

電気通信大学大学院情報システム学研究所

はじめに

初等中等教育におけるコンピュータを中心とした情報技術の応用は、古くて新しい問題の連続であったといえる。ナイーブな発達過程にある児童・生徒に対して、どのような機能を持った電子的な道具を与えるのが適切なのか、その時期は、その状況は、そして教師はそれらをどのように活用すればよいのか、教師の役割はどのように変わるのか、さまざまな試行錯誤と挑戦と反省を繰り返しながら30年以上の歳月が経過した。我々は、今まさに、コンピュータやネットワーク、マルチメディアといったものを記憶、知恵、そして感性、表現・伝達の増幅器として、実世界で利用されているそれらの文明の利器を連続的にかつ積極的に利活用する意味、意義を自問自答しながら、来るべき21世紀に向かった教育情報化社会を描こうともがいているように思われる。

Kay, A (1984) の言葉を借りるならば、「コンピュータは事物を構成し、創造する機能を持ったすばらしい人工物です。また言語のように作用することもできます。それは物理的に存在することのできない世界においても、ダイナミックにいかなる他の世界をも詳細にシミュレートしうる手段でもあります。それは他の多くの道具のように機能するけれども、単なる道具ではありません。それは多様性を持ったメタ媒体であり、表象と表現に対して自由度を持ち、私たちはそれに出会ってまだ間もありません。そしてそれを使ってさまざまなことを探求し始めた段階です。それは重要で、興味深く、いろいろな挑戦と試行をしてみる価値があります。」¹⁾

この主張に対応して、初等中等教育での情報技術の意義やその展開を考察することが本稿のねらいである。すなわち、それ事体が(社会的、教育的)問題であることを認識し、それを通して健全な教育的そして研究的な反応をしなければならぬ。次に社会的、知的、情緒的な発達を促進するための人工物と環境との調和のとれたシステムを探究しなければならない。そ

して教育において、コンピュータなど情報技術それ自体を探究し人間社会を哲学することの重要性も認識すべきである。さらに、教授・学習活動における情報技術の利活用の形態を新しい視点で発見することは、意義深い。そのためには、“応答する教科書としてのコンピュータ(ソクラテスの相互作用と発見学習支援)”, “表現媒体としてのコンピュータ(状況的知識構成主義と創造)”, “計算視点(Computational View)からの協調的コミュニケーション・メディア”といった事柄の本質を理解することが肝要である。

新しい能力育成のための情報教育の制度的確立

情報教育の枠組みとその支援体制

我が国における学校教育の中での情報教育の実践は、1970年代から始められた。それは、情報処理教育とも呼ばれるもので、主に職業高校の中で扱われていた(第1世代の情報教育)。その後、現在の情報教育のとらえ方(第3世代の情報教育)に至るまで、以下のような変遷を経てきた。

- 第1世代の情報教育(主に職業高校)
 - ープログラミング
 - ーコンピュータ・ハードウェアの仕組み、動作原理
- 第2世代の情報教育(主に小中学校)
 - ー応用ソフトウェアの利活用(表計算、データベース、ワードプロセッサ、ドローツール、他)
- 第3世代の情報教育(小中学校、高校普通科)
 - ー分析とデザイン力
 - ーインターネットによる協調的探究活動
 - ー事柄の評価力
 - ープレゼンテーション能力
 - ー研究スキル、創造力

昭和59年から昭和62年にわたって臨時教育審議会において、将来の高度情報化社会に生きるために必要な資質として、情報および情報手段を主体的に選択活用する「情報活用能力」を子どもたちに育成すべきことが提言された。その後の検討を経て、この「情報活

表-1 独立教科としての“情報”科目構成

科目	情報A 2単位	情報B 2単位	情報C 2単位
重点	情報の利活用および実践的能力の向上	情報の科学的理解	情報社会への参画と創造
第1章	情報の表現 (24)	問題解決とソフトウェアの利用 (13)	情報の処理・分析 (16)
第2章	コンピュータと情報通信 (17)	モデルの構成と検証 (14)	情報の創作と社会への参画 (20)
第3章	情報の探索と発信 (17)	アルゴリズムとプログラミング (25)	情報の管理・運用 (14)
第4章	情報システムと社会 (12)	通信とネットワーク (18)	新しい情報システムとモラル (20)

用能力」の内容について、次の4項目に整理された。

1. 情報の判断、選択、整理、処理能力および新たな情報の創造、伝達能力
2. 情報化社会の特質、情報化の社会や人間に対する影響の理解
3. 情報の重要性の認識、情報に対する責任感
4. 情報科学の基礎および情報手段（特にコンピュータ）の特徴の理解、基本的な操作能力の習得

これらの項目は、小学校、中学校、高等学校といった発達段階を考慮して、すべての教科の中に分散配置され（分散カリキュラム）、現在実行されている。

そして今回の教育改革（中央教育審議会、教育課程審議会）の答申を受けて、21世紀に向けた新たな学校教育での情報化への対応が検討されているわけである。そこでは、情報教育の教育目標をより明確化し、社会にもとめられる能力観（主体的かつ問題解決的能力）を、より積極的に打ち出している[※]。

ところで、教育におけるコンピュータ利用は、以下の3つの視点からとらえることができる。

THROUGH：各教科における内容理解のためのコンピュータの利活用（CAI, CALなど）

WITH：各教科での課題解決、創作活動、コミュニケーション活動などのための道具的利用

ABOUT：情報の科学的理解やスキルを育成するための情報技術に関する教育

情報教育においては、この3つの利用形態が統合されるべきであるが、特に「情報」といった独立教科を構成するために、“WITH”と“ABOUT”の視点が重要であろう。そして、主体的、問題解決的な能力・態度育成のためには、調査（情報収集、分析）、計画・設計、製作・実験、実施、表現・伝達、評価、発表といった能動的な活動が重視されなければならない。同時に人と社会と情報技術とのかかわりに対して“何のために”という問いかけを内省し、情報化社会への健全な参画態度を育成しようとする魅力のある教科にしなければならない。その時、“WITH”

にかかわる学習指導・形態がきわめて重要な要因となる。表-1に教育工学関連の研究グループ（代表：岡本敏雄）が検討してきた主なカリキュラム項目を示す^{※2}。今後この教科を健全に発展させるためには、次のような事柄を解決していかなければならない。

1. 教員確保のための制度（現職教員研修、教員養成、大学での課程認定のための授業科目の設置と単位認定）
2. 新しい「情報」授業のための学習指導、評価の方法
3. 学校における情報基盤の整備（ネットワーク敷設、プロバイダー契約、その他コンピュータ関連の設備・装置）
4. 教育委員会の支援（コンピュータ・コーディネータやコンサルタント、システムのメンテナンス体制の確立）
5. 地域化の促進と産業界の支援（地域の特色ある文化、産業活動との連携、各種教育・学習のための地域情報の提供、非常勤講師の派遣、寄付など）
6. 各種ソフトウェアの購入・利用・流通などに関する合理的な契約形態
7. プライバシー侵害、著作権保護、有害情報などに対する対応

学校現場での諸問題

前述してきた事柄に関して、実際の学校現場では何がボトルネックになっているのだろうか。教育は、基本的に人と人との“face to face”が基本である。また学校の場合は、すべての人が学習において平等の権利と機会を享受すべきである。これは学校基本法の原理である。ある意味では、競争的市場原理という理念とは相容れないものである。そこで“何のための情報化なのか”が常に問われることになる。

そもそも近代の学校というものは、過去の文化遺産の継承と未来に向けての積極的適応能力の育成に主眼が置かれ、可能な範囲で精選されたカリキュラムを構成し、学校という専門的に教育を営む学習の

[※] 詳細は、本特集第1編「21世紀に向けた教育改革政策」を参照されたい。

^{※2} このような提案は、情報処理学会の“情報処理教育委員会初等・中等小委員会”（委員長：大岩 元）などでもなされている。

表-2 先端情報技術の教育への応用

	情報共有支援	協調活動支援	自己学習支援
マルチメディア、VR（インタフェース技術を含む）	<ul style="list-style-type: none"> ・バーチャル・ミュージアム ・バーチャル・ギャラリー ・分散VOD (Video On Demand) ・映像情報のCBR (Case Based Reasoning) ・3-Dオーサリングツール 	<ul style="list-style-type: none"> ・テレビ会議システム ・シミュレーション ・ビデオ・バーチャル・クラスルーム 	<ul style="list-style-type: none"> ・マルチメディアCAI ・学習情報の組織的ライブラリ ・自己学習環境デザインシステム ・ILE (シミュレーションツール, CAD)
ハイパーメディア、WWW	<ul style="list-style-type: none"> ・協調フィルタリング ・教育情報データベース 	<ul style="list-style-type: none"> ・協調フィルタリング ・データマイニング 	<ul style="list-style-type: none"> ・WWW based ITS ・知識ナビゲーション ・適応的ハイパーメディア
人工知能応用 (Agent、構文学習、他)	<ul style="list-style-type: none"> ・授業実践事例データベース 	<ul style="list-style-type: none"> ・コーディネーション/議論支援システム ・学習コンパニオンシステム 	<ul style="list-style-type: none"> ・事例に基づく学習者モデリング ・マルチエージェントITS

場を用意し、教えることの専門家（教師）と伝承すべき知識を圧縮した教科書という手段を通じて、体系的に効率のよい制度のもとで営まれてきた。この形態は世界すべての国々において、近代的国家作りの礎であった。しかしながら、昨今、このような（良かれと思っていた）実社会と断絶して営まれていた学校や教室といった教育環境の問題点が指摘され、その結果、学校の地域化、オープン化が叫ばれるようになってきた。インターネットの普及はこのような傾向をより促進し、また可能にしてきた。そこでは、世界の情報を素早く、手軽に探索・収集できたり、また電子メールやネットニュース、テレビ会議など、安価にさまざまなコミュニケーションが可能になってきた。さらに従来のテキストベースの情報のやり取りから、音声、映像といったさまざまな形態の情報を組み合わせて、かなり自由な相互通信も可能になってきた。情報の流通形態も、一方向的なものから、異質なコンピュータ環境でのマルチ相互通信化が進み、“anyone”, “anytime” というコミュニケーションが可能になってきている。このような技術の発展によって、学校という閉じた空間から、必然的に外の空間をも利用した教育の在り方というもの問われるようになってきた。

このような認識のもとで、現状の問題点（とその対応）を検討してみよう。

1. 我が国の学校は“ハイテク”との接触の機会が貧弱であること
2. テクノロジーと人・社会との関連を熟考する哲学が欠如していること
3. 創作や表現活動が重視されてこなかったこと
4. 教師や父兄のテクノロジー・マインドや社会変化に対する認識が低いこと（理解と協力が必要）
5. 学校教育におけるテクノロジーコンサルタントやコンピュータコーディネータを養成すること
6. 学校での通信回線が貧弱なこと
7. 通信回線使用コストが諸外国と比べて高いこと

8. コンピュータ設置の発想が、集中（集権）的であり、管理が前面にできること（ノートPCなど移動性の高い分散形態が重要）
9. 学校運営に関して、情報化を否定してきたこと（人権、プライバシーなどの理由から）
10. 情報化という視点での地域化と学校の連帯が遅れていること
11. 教師の新しい授業方法の工夫が欠如してきたこと

望まれる学習支援システムの形態



前章までは、学習、ひいては（情報）教育についてのパラダイムの変化について述べた。時代に対応した学力観や学習指導方法、さらに学習環境は社会的、経済的、政治的そしてテクノロジーの質と普及度によって大きく影響を受ける。特に先端的な教育システム研究においては、10年先の实用可能性を予想しながら、研究を計画・遂行するわけであるが、技術の進歩と教育への投資の間には大きなタイムラグと成果の考え方のギャップがある。このことが、教育への技術投資や産業界の教育市場に対する考え方の消極性を生む原因となっている。教育にかかわるさまざまなソフトウェアが教育産業界から開発・提供されているが、技術的に挑戦的なものではなく、リスクを回避した枯れた技術の教育への応用というレベルにとどまりがちである。人間要素と社会・政策的要素を多大に持つ、きわめて複雑でナイーブで不安定（現象の再現性が保証されない）な教育という系を扱うものであるからこそ、本来、そこには超最先端の技術的挑戦があってもよいのではなからうか。この点、米国においては、連邦政府、産業界、大学などが積極的にかかわり、経済的、技術的投資によって、第一線の研究活動が展開されてきている。その研究成果は、人工知能研究や通信衛星技術、インタフェース技術、最近ではバーチャルリア

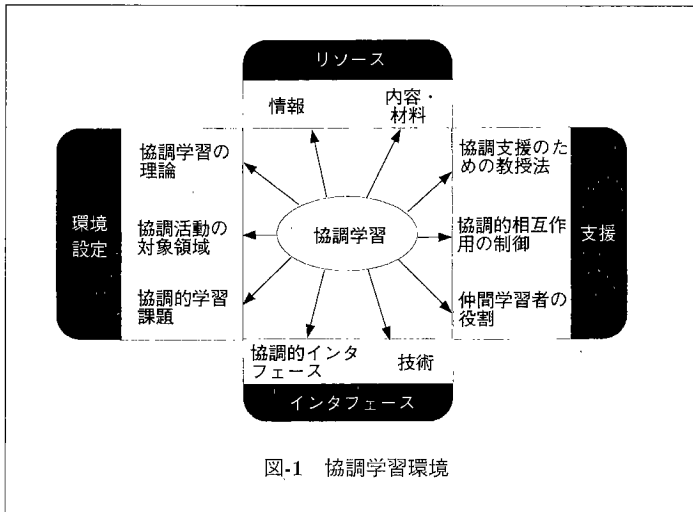


図-1 協調学習環境

リテイ、インターネット、グループウェアといった分野で眼に見ることができる。表-2に、支援する学習形態とそこで用いられる要素技術の視点から、代表的な教育システム研究を整理した。本章では、以下ナビゲーション、知識処理などの技術を応用した最近の研究動向を紹介し、今後のインターネット上での学習環境について検討する。

ナビゲーション技術の応用

膨大な情報を有するWWW上では、個人の目的に見合った情報を発見することは容易ではない。ユーザの探索履歴からユーザの興味を同定し、興味に近いユーザ同士で有益な情報を共有するような“協調フィルタリング”の仕組みが研究されている。また、興味対象に対して、同様の興味を持つユーザ同士の話し合いを促すことで対象に対する理解の深化をねらったシステムも開発されている。

WWWをはじめとする多くのハイパーメディアシステムは、学習者の能動的な探究的学習の場として非常に有益である。しかしながら、ハイパー構造の中ではしばしば自己の目的を喪失しがちであり、現在位置の把握が困難になるなどの問題を含んでいる。これに対して、ユーザに適切なナビゲーションを行おうとする研究 (adaptive hypermedia) がなされている。Kayama & Okamoto (1998)²⁾ は、ハイパーメディア上をユーザが探索する際の履歴や参照時間などの情報に基づいて、ニューラルネットワークを用いて現在状態を同定し、次にユーザが参照すべきノードの候補を提示するシステムを開発している。

知識処理技術の応用

従来、人工知能を応用した教育システムとしては、知的CAIやITSの研究が盛んに行われてきた。問題解

決器や教授戦略、学習者モデリングなどのITSを構成する代表的なモジュールに対して、相互対話、誤り診断、適応的教授戦略などが、スタンドアロン型のシステムの中で研究されてきた。昨今では、定性推論による説明機能、仮説推論 (ATMS: Assumption based Truth Maintenance System) や知識獲得などを用いたシステムも開発されている。

近年、エージェントの考え方を導入した教育システムがみられる。これは、従来の“教師-学習者”1対1での学習に対して、仲間学習者 (peer) やファシリテータとしてのエージェントを組み込むなどして、より豊かな学習環境を学習者に提供しようとするものである。エージェントに負わせる役割は、対象領域の知識を教授する“教師”であったり、学習者と協調的に振る舞う“仲間学習者”であったり、学習者同士の相互作用を仲介する“コーディネータ”であったり、教育目的に応じてさまざまである。また、インターネットの中に協調的な学習形態を取り入れようとする研究もみられる。さらに、教育システムにあたっては、特にインタフェースの重要性が指摘できる。人間とコンピュータとの対話において、基本的にはマルチモーダルなものが必要であるが、その中でも、自然言語処理技術や音声処理・認識技術は、教育応用としても今後重要な課題である。

インターネットにおける統合的な学習環境

上述の教育システムは、ネットワーク上で共有され、シームレスに利用されることによって、より効果的な学習環境へと統合されよう。学習者たちは、さまざまな情報 (resource) にアクセスし、他者と共同で作業を行い、個々の学習課題を遂行していく。環境は、教育学的なコンセプトに基づいて、適切な学習課題やツールを準備し、学習者の活動を支援するよう構築されなければならない。協調学習支援環境デザインのための概念図を図-1に示す。本節では、具体的なシステムを紹介しながら統合的な学習環境を検討していく。

オランダのTwente大学とDelft工科大学との共同研究プロジェクト (MESH project; Multimedia services for the Electronics SuperHighway) では、VR技術を適用したバーチャル・スクールを構築している (SERVE; Study Environment for Realistic Virtual Experiences)。

SERVEは、Video VR技術を用いたWWWベースのシステムであり、3-Dで表現された仮想的な環境を提供するネットワーク上の“仮想学校”である。この構成は、現実世界の学校の組織構成に合わせており、学生ホールや図書館、事務室、講義室などいくつかの部屋が存在する。各部屋では、その部屋の利用目的にあったサービスやアプリケーションがグループ化して配置され、利用可能である。ユーザは、WWWプラ

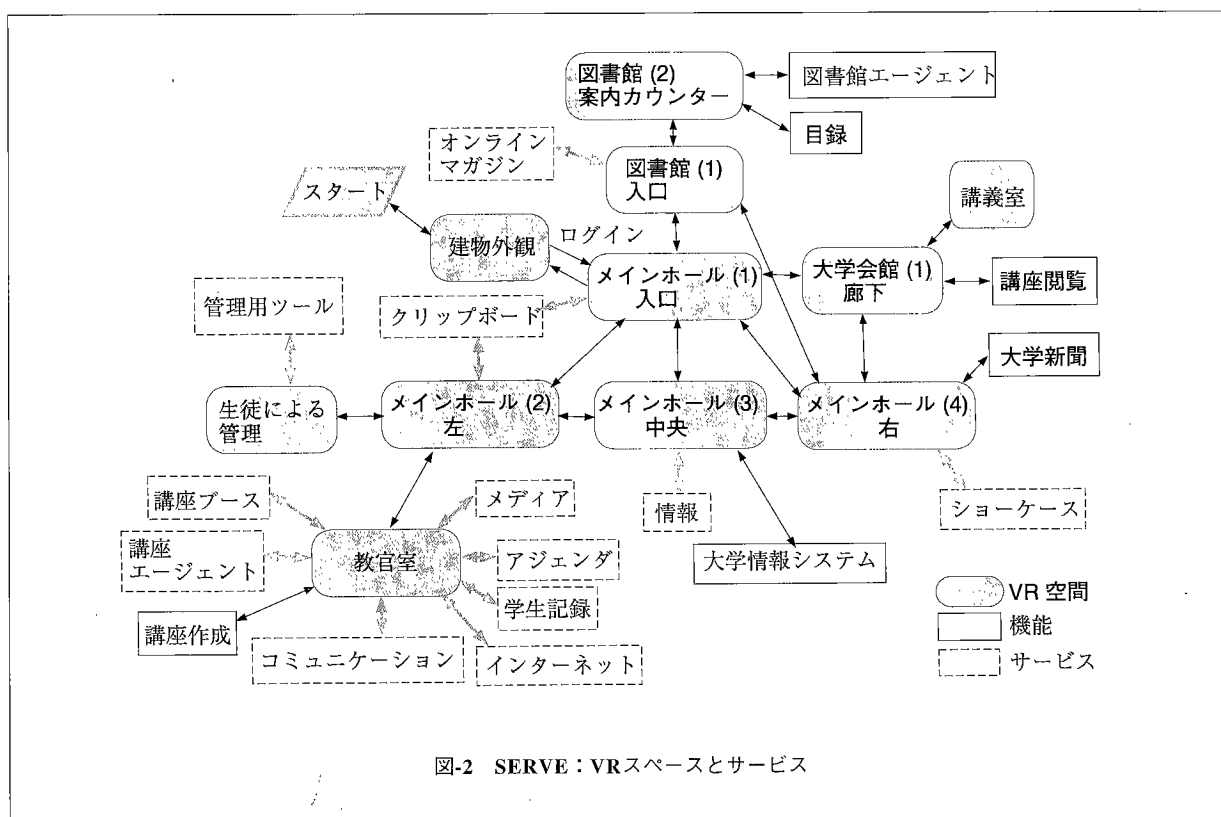


図-2 SERVE: VRスペースとサービス

ウザを用いてSERVEに接続し、SERVE内を自由に移動することができる。利用可能な部屋と、各部屋におけるサービスを図-2に示す。ユーザは、SERVEにLoginすると、360度の視界と、ズームイン・アウトが容易に行えるVR環境を提供される。各部屋への移動は、マウス・クリックで容易に行える (clickable VR image)。

SERVEは、メインとなる3-D表示のQuicktime VR imageの他に、補助的な役割を果たすインタフェースを持つ。たとえば、情報板と呼ばれるスペースにはQ & Aが表示され、現在地、利用可能なサービス、リンク先などの情報を参照することができる。また、ユーザの所在するフロア地図を表示する機能も持ち、さまざまな視点に切り替えて現在地を把握することができる。

前述の先端的情報技術を利用した教育システムを、このような環境に埋め込むことによって、仮想的な統合学習環境を構築できるであろう。

21世紀に向けた学校情報基盤整備への提言

ますます高度化 (便利化) する情報通信環境のもとで、どのような学校情報基盤整備を行っていく必要があるであろうか。最後に、多様化と複雑化する教育ニーズに対して、国家的人材育成の基盤を提供する学校

教育制度の中でポイントとなる事項を検討する。それらを通じて、行政機関に向けて学校における情報基盤の整備内容と研究すべき事項を提言する。

情報基盤とリソース開発への投資

すでに、現内閣閣議決定のもとで6大改革の1つとして教育改革が叫ばれ、経済不況とも相俟って、学校の情報化への対応・投資が検討されている。特にすべての学校にインターネットを導入するという政策と財政的措置がなされようとしている。このような動向の中で教育環境の充実を真に図るための教育情報工学的視点からのリソースを検討してみる。

1. 図書館、博物館などの電子化とネットワーク利用
2. 学校のネットワーク化と教育素材・教材の流通システムの整備 (電子教科書)
3. バーチャル・クラスルームあるいはバーチャル・スクール
4. 分散協調学習支援環境の構築
5. 教師または子どものための自己教材開発環境の整備 (学習環境の充実と多様化)
6. ネットワークを介した各種相談システム
7. 実社会との共同・協調学習とその支援環境
8. 遠隔教育システムとその履修制度の確立
9. 知的CAIなど、高度な自己学習ソフトウェアの開発

10. 知識ナビゲーションと情報収集ツール／フィルタリングツールの開発
11. 自己表現のためのマルチメディア・プレゼンテーション環境の整備

教師に求められる情報リテラシーと新たな制度・形態

ここでは、新しい教師の資質・リテラシーとそれを支援する教員養成の在り方について考察する。教科の専門的知識の獲得、その教育実践での応用力はさらに重視されていくであろう。しかしながらより重要なことは、閉鎖的な教育実践のスタンスからより自立的な教育実践力への向上である。すなわち、カリキュラムの開発力、学習環境の設計力、ファシリテータ／アドバイザー／コンサルタントとしての指導力、創意工夫された教材開発力と選択力、グループ学習／個別学習／一斉学習の融合的授業実践力、観察・評価力、そして教科書の世界と現実の世界とのリンケージ化能力（オープン化への対応力）である。

従来の教員免許制度で規定されてきた教師のためのカリキュラム、教員免許の取得方法、教員免許の経時的有効性、研修の在り方、教育系大学院の内容や制度・形態などでさまざまな問題点や矛盾が露呈し、それらの見直しが問われている。折りしも、通信衛星を利用した遠隔教育や、さらにはインターネットやマルチメディアを活用したゼミなどが試みられ、授業形態が多様化する傾向が見え始めている。

すでに諸外国では、部分的にしるそれら情報通信技術の活用を前提にした教育制度や教育形態が展開されている。たとえば、オーストラリアにおいては、遠隔教育による修士課程や博士課程がすでに実現している。英国の公開大学（The Open University）、タイやインドの高等教育機関においても現職教員のための修士課程が開設されるなど、教育職能専門教育としての大学院教育が柔軟に行われてきている。また1970年代中頃からOECDの中のCERI（教育研究革新センター）ならびにUNESCOが中心となって進めた教師教育改革に関する国際会議で、その方向性が示された。すなわちSchool-Based Curriculumの考え方を重視し、職場を離れない教師教育システムの確立の必要性が指摘された。それは、School-Focused INSET (IN Service Education and Training：学校に焦点を当てた現職教育) といったコンセプトから、さらに継続性を重視してCPD (Continuing Professional Development) といった考え方に変化している。このような国際社会での変化と同時に、教師教育のパラダイムや科学哲学においても大きな変化が見られる。Elliott (1993) は次のような3つの視点でそれらをとらえている。

1. 教師教育について、理念的／合理的見方

2. 生産／消費システムとしての教師教育の「社会－市場」の見方
3. 実践科学としての教師教育の解釈学的見方

これは今後の教師教育の枠組みを設定していく上で参考になろう。

我が国においては、さまざまな制度的問題もあるが、現場教師のニーズを十分に拾いきれておらず、教科書的な内容を伝統的な方法や形態で行っているのが大半である。内容的にも教師教育としての教育の理論と実践が乖離しているのが実状である。大学教員の問題意識も大いに問われよう。また現在の学部段階での教員養成が、教科に関する専門知識・技術の習得においても中途半端な状態であることも指摘されている。そのような状況で、教育原理、教育心理、教育方法といった教職科目や教育実習を組み込んだカリキュラム構成自体に無理があり、消化不良の状態にある。さらに今後の新しい情報通信技術を有効に活用する新たな資質・リテラシーの要求に対して、十分に対応しきれないことは明らかである。このような背景に基づいた問題意識を持った教師教育のためのカリキュラムや方法について、国際的には多くの研究・実践が試みられている。たとえば国際情報処理学会（IFIP）の教育部門（TC3）では、「学校運営と情報技術（Information Technology for School Management）」というテーマで、インターネット、マルチメディア、データベース、ユーザ・インタフェースなどの技術と教育改善をいかに有効に結びつけるかという課題に取り組んでいる。その中で当然、教師教育の問題も取り上げられている。以上のような背景を鑑み、以下の課題を統合的に扱い、問題点を明らかにし、21世紀における教師教育システムの体系化を図ることが重要であろう。

1. 教師教育のための制度的改善
2. 情報通信技術を利用した自由度の高い教育形態（問題点も含めて）とその支援システム
3. 21世紀に向けた教師の新たな資質・能力・リテラシーの明確化とその育成方法
4. 教科知識、教育知識、教育実践の統合的カリキュラムと大学・大学院の役割の提案
5. 新たな高等学校普通科における独立教科「情報」の充実と総合的な学習に対応しうる内容とその実践指導能力の研修
6. 教師の教育実践力向上のための自己研究支援の方法

参考文献

- 1) Kay, A.: Computer Software, Scientific American, Vol.251 (3), pp.52-59 (1984).
- 2) Kayama, M, and Okamoto, T.: A Mechanism for Knowledge-Navigation in Hyperspace with Neural Networks to Support Exploring Activities, 4th World Congress on Expert Systems (Workshop Proceedings), pp.41-48 (1998).

(平成10年4月23日受付)