

新課程における問題解決力育成に向けた 統計教育のあり方

～共通教科「情報」と数学Ⅰの連携～



慶應義塾大学大学院 健康マネジメント研究科 教授 渡辺 美智子

1. 21世紀型スキルとしての「問題解決力」

～新課程情報科における「問題解決」の意義

文部科学省が公表した「人材のイノベーションによる日本再生の実現に向けて」（国家戦略会議（2012年4月）文部科学大臣提出資料）では、少子高齢化による内需と生産人口の激減や人・モノ・金・情報・文化・価値観のグローバル化など、今日の日本が直面する重要な課題に対して、人材育成を担う教育改革こそが日本再生の鍵であるとしている。そこでは、知識創造社会の実現に向けて、

- ①すべての子どもに、課題解決のため自ら考え判断・行動できる「社会を生き抜く力」の育成
 - ②新しい価値を生み出し社会を牽引する人材および世界に伍するグローバルな人材の育成
- の方向性が掲げられ、この方向性は平成25年からの第2期教育振興基本計画にも反映されている。

しかし国際社会は、既に1990年代初頭より、来るべき21世紀は、情報ネットワーク技術の急速な進展の中で、科学技術競争が一段と激しくなる時代かつ予測不可能な時代とみて、既存の専門知識や技術（アカデミックスキル・ハードスキル）よりも、課題発見と解決力、創造力・分析力などの未知の課題に立ち向かう思考方法や行動特性（コンピテンシー）こそが科学技術競争と産業力強化に不可欠な21世紀型スキルと位置付け、その育成に向けた教育改革に熱心に取り組んできた。その達

成度評価として、昨年、日本も参加して実施されたOECD国際成人力調査（PIAAC）では、「ITを活用した問題解決能力」が測定され、2012年のOECD生徒の学習達成度国際比較調査（PISA）でも、同じく「問題解決能力」が測定されている。

この点で日本は30年ほど出遅れており、2012年5月に、「21世紀型スキル」フォーラム有志市長の会が全国市長会、改革進化市長の会、全国青年市長会、全国生涯学習市町村協議会等と共催して、「世界に通用する人材育成のための「21世紀型スキル」フォーラム～若者の可能性を伸ばし日本の国際競争力を高めるため今取り組むべき教育改革」を開催するなど、行政側の危機意識は大きい。

新課程共通教科「情報科」では、「社会と情報」と「情報の科学」のいずれかを選択必修することになっているが、共通の教育目標として、問題解決がキーワードとなっている*。例えば、実教出版発行の『（社情303）高校社会と情報』では第5章「問題解決」、『（情科302）最新情報の科学』では第3章「問題解決のためのコンピュータ活用」として章立てされている。言いかえれば、「問題解決」に関する知識と技能は、どちらが選択されようとも必ず学ばなければならない内容になっており、最重要視された背景には、世界が先行して進める21世紀型スキル教育があると言ってよい。

* 学習指導要領解説 第1部第1章第2節「共通教科情報科の目標」

2. 21世紀型スキルの核となる統計的問題解決力：Scansレポート（1992）

職場で求められる能力（コンピテンシー）を明確化し、産学連携により学校教育の早い段階からそうした能力を養成、その達成度を全国統一試験で評価することを提言した最初の政府レポートが、アメリカのスキャンズレポート（1992）である。そこで初めてスキャンズ型ワークスキルとして、問題解決力、とくに統計的問題解決力（Data based Problem Solving）の有用性が示され、このような思考や行動特性（コンピテンシー）の育成は、学校教育の早い段階から系統的に繰り返し繰り返し、科目横断的に培われなければならないとしている。

その後、イギリスでも政府機関によるデアリングレポート（1997）が出されるなど世界各国で同様な教育改革が起り、教育省と産業界による国際的な「21世紀型スキルATC21s」パートナーシッププロジェクトに繋がっている。これが、OECDのPISAやPIAACなどの学力調査の内容および日本における社会人基礎力や学士力の議論にも強い影響を与えている。

21世紀型スキルの4カテゴリは、①思考の方法（創造性と革新性、批判的思考・問題解決・意思決定、学習能力等）、②仕事の方法（コミュニケーション、コラボレーション（チームワーク））、③学習ツール（情報リテラシー、情報コミュニケーション技術（ICT））、④社会生活（社会的責任と多様な文化的差異の認識および受容能力）であるが、その中核は課題発見と問題解決力である。

1992年にスキャンズレポートが策定された背景には、1980年頃から顕在化したアメリカの国際競争力の低下がある。1980年、NBCの番組「If Japan can... Why can't we?（日本にできて、なぜ我々にできないのか?）」内で、日本が戦後30年間で世界に衝撃を与えた製造業を中心とする経済発展は、デミング博士（統計学者）の指導による統計的品質管理（Statistical Quality Control）における問題解決力の教育体系に基づくことが放映され

大きな反響を呼んだ。その後、膨大な数のデミング講座が米国内外で展開され、スキャンズレポートに至っている。

つまるところ、21世紀型スキルの中核にある問題解決の枠組みは日本の企業内での品質管理教育がモデルになっていたのである。しかし、大きな違いは、その適用範囲を製造過程のモノ作りの品質改善に留めず、ヒト・サービス・カネ、行政、医療、教育、経営に至るマネジメント全体の問題解決力の育成としたこと、ICTの積極的な援用も含めたこと、初等中等教育段階から国民全体が持つべきコンピテンシー（生きる力）としてその育成を位置付けたことである。

新課程情報科教科書『高校社会と情報』の「第5章 問題解決」の冒頭に、日本における品質管理のPDCAサイクルPlan（計画）→Do（実行）→Check（評価）→Action（改善）→Plan（次の計画）→…が出てくるのは、そのためと言えよう。

3. 海外のカリキュラムで示されている問題解決のサイクル

PDCAサイクルを統計的問題解決のサイクルと考える際、Planの部分がかかなりの要素を含み容易に理解させることが難しいことに、80年代の日本研究で気が付いたアメリカ産業界は、PDCAサイクルを再構築し、“シックスシグマ”として世界に普及させた。シックスシグマは、次のDMAICのプロセスで定義される：

Define the problem :

問題となっている現象をデータ（指標や特性値）で定義する。

Measure the process :

その現象を原因（現象に至るまでのプロセス）を含めて多次元のデータで計測する。

Analysis the process :

現象（結果）のデータと原因（プロセスを構成する諸要因）のデータの相関分析・因果分析を行い、原因の特定をする。

Improve the process :

原因（プロセス）に対して対処を行い（レベル

値の設定)、現象を改善する。

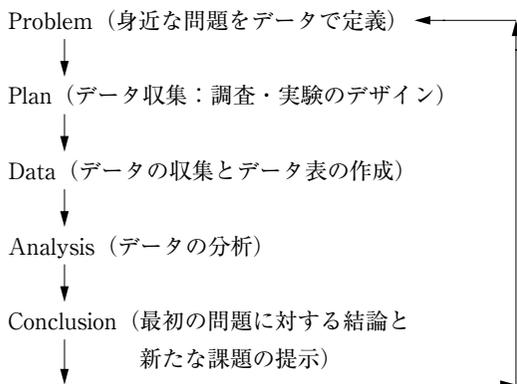
Control the process :

プロセスを管理し、特性値の変動を制御する。

シックスシグマのシグマとは標準偏差のことであるが、ここでは、データのばらつきを注意深く分析することで現象の改善に繋がることを象徴的に表している。

学校教育では、DMAICのサイクルをわかりやすくPPDAC: Problem→Plan→Data→Analysis→Conclusionのサイクルとして示したものが、カナダ、アメリカ、オーストラリア、ニュージーランドなどで使用されている。世界が現在、指向している統計教育は、まず問題解決のプロセスの全体像を習得させ、それぞれのステップで必要となる統計グラフや統計量、その活用の仕方を具体的な文脈に沿って、理解させていく方法を取っている。

統計的問題解決のプロセス (生徒用)



4. データに基づく問題解決 (XとYで考える)

～数学 I 「データの分析」 学習内容との連携

データに基づく問題解決のプロセスを統計的な分析の視点も絡めてステップでみってみる。とくに、数学 I 「データの分析」で学習する統計量や統計グラフを、情報科の「問題解決」の学習の中で活用する体験を生徒が積むことが重要と思われる。

【Step 0】 問題に対する客観的な指標Yの設定

問題に対応した評価(目的)変数Yを決め、客観的指標に基づく科学的・統計的議論が組織の意思決定では、必要であることを理解させる。例え



図1 ニュージーランド小中学校で配布のポスター

ば、病気の治療薬の開発では、症状の評価指標、店舗の経営では、日別の売上高、プロスポーツの場合は、野球の相手投手の球速Yであったり、サッカーでチームの戦力強化であれば、まず1試合当たりの得点率などをYと考え、その値の高低が問題であり、その値を制御したり予測したりすることがデータに基づく問題解決であることを理解させる。

【Step 1】 Yの現状把握 (マクロな視点を持つ)

評価変数Yは、個々にみても現状に対する判断もできなければ、どの値まで改善が可能かもわからない。そこで全体のばらつきを概観する手段として、分布(を表すグラフ)の役割を確認させる。数学 I 「データの分析」では、量的変数Yの分布を度数分布表やヒストグラム、標準偏差や四分位数などで捉えることを学ぶ。

まず、ヒストグラムが多峰性を示す例題を与え、傾向を捉えるために分類の必要性を議論させ

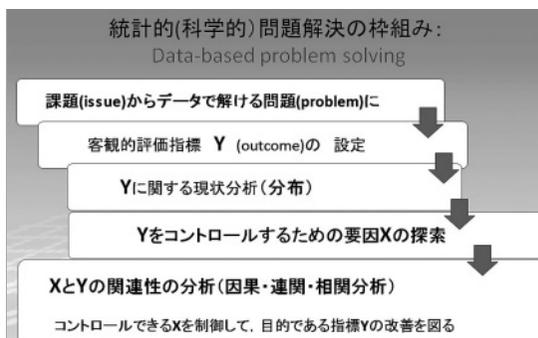


図2 統計的問題解決の枠組み

る。そこで、最小値・最大値の意味、平均値、中央値など代表値の意味、ばらつきの大さの意味、ばらつき（データの変動）を説明する考え方（外的要因Xによる変動なのか自然変動なのか）、要因Xによる分類でばらつきを小さくする（制御する）ことの意味（中心傾向を短い区間で捉えることができるため予測やマネジメントの効率が上がる等）の理解を促すことが重要である。

具体的な例で、適切な分類によって単峰性の分布にできることを示し、分布の対称性に着目させる。単峰で左右対称な分布では、その特徴は、平均を中心に±標準偏差の区間に3分の2（過半数）のデータが集中すること、これを中心傾向（central tendency）と考えることなどを指導し、現状のYの値が中心傾向内か外れているのかをシグマ（標準偏差）を単位に考えさせる（偏差値の考え方）。単峰で歪んでいる分布では、平均、標準偏差で傾向を掴めないため、代わりに、中央値を含む四分位数による中心傾向の捉え方や四分位数に最大・最小を加えた5数要約による分布の傾向の捉え方を理解させる。

【Step 2】 Yの分布を変化させる要因Xの探索

～相関分析（因果・要因分析）～

問題解決のストーリーを展開するための最も重要なステップで、「データの分析」で学習する内容が活用される場面である。

しかし、その前に、評価指標Yの変動要因XをYに至る“プロセス”を通して、モレなくムダなくダブリなく（MECE）、上位概念と下位概念の構成を踏まえて、グループでブレインストーミングし探索する過程を入れることが重要である。ここで、多様な価値観の受け入れや他者との協調、コミュニケーション力、傾聴力、リーダーシップ、フォロワーシップ、論理的なグループでの討論の方法（5 why, ロジックツリー, イシューツリー, 特性要因図など）の活用など、職場で求められる汎用的スキル（ソフトスキル）が鍛錬される。これらは、日本の企業では、QCサークルと呼ばれる小集団活動によって培われるスキルである。

海外が21世紀スキルを議論する上で、そのルーツはこのQCサークル活動にあると言っても過言ではない。ここで実教出版の教科書『高校社会と情報』の問題解決単元にある“ブレインストーミング”（p.115）を参照するとよい。

ブレインストーミングの結果を踏まえて、Yの分布を変化させる要因Xの探索を行うが、Yの値の上げ下げを要因Xを介して積極的にコントロールすることが、企業活動で言うところのカイゼンのストーリーであり、統計的問題解決のストーリーでもある。例えば、売り場面積Xと売上Yの相関が高ければ、売り場面積の拡大で売上を向上させることができるし、事故を起こすかどうかという事象Yがゴールド免許を持っているかどうかという要因Xと関連があることがわかれば、自動車保険料をゴールド免許の有無で変える保険商品が提供できる。サッカーなどスポーツの世界でも、得点Yに結び付くプレーXを探し出せば、チーム戦略を決定することができる。

「データの分析」で学習する散布図や相関係数、並列箱ひげ図の実社会での有用性は、このステップにあるので、複数の要因候補が考えられる課題で、生徒自らが主体的に相関ルールの有り無しを探索的に発見できる活動学習が望まれる。このとき、分析手法としては、Yが質的変数か量的変数かによって、使用する手法に相違があることも意識させることが重要である。

例えば、

*X（質的変数）×Y（質的変数）の場合

クロス集計表（行比率、列比率）、条件付き確率

*X（質的変数）×Y（量的変数）の場合

層別ヒストグラム、グループ別の度数折れ線グラフ、並列箱ひげ図

*X（量的変数）×Y（量的変数）の場合

散布図、相関関係、相関係数、相関以外の関係の見方

などである。

【Step 3】 考察・発表・討論

問題テーマの説明、選択理由、問題解決に向け

た探究プロセスの妥当性、残された課題、新しく生じた問題などを発表し討論し合うステップも、「問題解決」の学習に要請されている。その際、因果と相関の違い、交絡変数の有無、公平な比較となっているのかなどの批判的な見方の指導や公平な比較でない場合の層別、変数変換、調整など、

因果のエビデンスに近づけるための基本的なデータハンドリング技法の学習も望まれる。

このように、数学I「データの分析」内容を踏まえることで、情報科の「問題解決」の単元指導をより具体化することができる。

お知らせ 第62回統計セミナー
ビッグデータ時代におけるICTを活用した問題解決力育成を考える
～新課程における統計教育のあり方：教科：数学と情報の連携の必要性～

開催目的・趣旨

新学習指導要領では、理数教育の推進が大きく謳われ、その柱の一つに問題解決型の統計教育の必修化が盛り込まれています。このセミナーでは、ビッグデータ時代、データが知識を生む時代の人材育成に対して、必修化された新課程数学科「データの分析」および新課程情報科「問題解決」の単元指導が果たす役割や目的と意義、育成したい力、具体的な授業方法や評価の考え方、教科横断的連携指導の可能性を講演者と参加者で考えていきます。多くの方のご参加をお待ちしております。

開催日時・場所

平成24年9月29日（土）午後1時から午後4時30分

立教大学 11号館地下AB01教室（〒171-8501 東京都豊島区西池袋3-34-1）

参加費

2,000円 [資料代含む]

お申込方法

(財)日本統計協会ホームページ <http://www.jstat.or.jp/> からお申込ください。

お問合せ先

(財)日本統計協会 電話：03-5332-3151 FAX：03-5389-0691 E-Mail：jsa@jstat.or.jp

プログラム

司会：渡辺 美智子（慶應義塾大学大学院・教授）

1：00～1：05 主催者挨拶

1：05～1：50 文部科学省初等中等教育局 視学官 長尾 篤志

高等学校学習指導要領数学科における統計的な内容の意義と指導
～数学「データの分析」の指導と評価の考え方～

1：50～2：35 文部科学省初等中等教育局 視学官 永井 克昇

新課程・情報における問題解決力育成の考え方
～「社会と情報」,「情報の科学」における「問題解決」単元の指導～

2：50～3：40 慶應義塾大学環境情報学部長・教授 村井 純

ビッグデータ時代：教育とインターネットの役割と責任

3：40～4：30 中央大学大学院理工学研究科教授, 大学入試センター顧問 田栗 正章

これからの時代における統計教育の目指すべき方向とその評価
～新課程のねらいをふまえた入試への期待～

主催 財団法人日本統計協会

共催 立教大学社会情報教育研究センター, 日本統計学会, 応用統計学会, 統計関連学会連合, 統計数理研究所, 全国統計教育研究協議会

後援 総務省統計局, 日本数学教育学会, 全国高等学校情報教育研究会, 高校数学・新課程を考える会, 東京書籍株式会社, 株式会社新興出版社啓林館, 数研出版株式会社, 実教出版株式会社