

脳機能計測と行動観察に基づく挿図教材の教育効果の検証

沼津工業高等専門学校 教養科 鈴木正樹, 福島工業高等専門学校 一般教科 西浦孝治,
木更津工業高等専門学校 情報工学科 栗本育三郎, 木更津工業高等専門学校 電子制御工学科 臼井邦人,
長岡技術科学大学 技術科学イノベーション専攻 中川匡宏

背景

初等教育, 前期中等教育においては, 「つまづき」についての分析とそれに基づく学習指導の改善に関する研究が教科を問わず盛んに行われている. 一方, 後期中等教育, 高等教育における数学教育では, 理解度の低い分野などが漠然と把握されてはいるものの, 調査した限り, 統一的な研究はなされていない. そこで, 本研究グループにおいて, 後期中等教育, 高等教育における数学教育を対象にして, 脳機能計測と行動観察の分析を行い, それに基づく学習指導の改善に関する統一的な研究を実施する.

研究概要

本研究は, STEP1)挿図教材の作成, STEP2) CDCを用いた実験授業および同一教材による脳機能計測, STEP3) データの分析, という3つのSTEPからなる (図1). これらを繰り返すことで, 教育効果の大きい新たな教授方法と教材作成方法の確立, さらに, 学習者の「つまづき」を特定し, 「理解する」という感性を科学的に明らかにすることを目的とする.

【STEP1: 挿図教材の作成】

挿図教材は, 脳機能計測と行動観察において本質的に重要であり, 数学教育において必要不可欠である. 高専・大学では, 数学教材を作成するために TeX が広く用いられているが, TeX で図を作成することは容易ではない. 近年, 高遠 (東邦大学) らにより TeX 文書に挿入する図を作成するための数学ソフトウェア KeTCindy が開発された. KeTCindy は描画機能だけでなく, 表作成機能, レイアウト機能も備わっており, ほぼ思い通りの挿図教材を作成することができる.

カレッジ級数学 (高校1年生から大学2年生までの数学) における学習理解度の低い分野の一つである累次積分について, どこでつまづくのかを議論し, 2種類の挿図教材を作成した. 一つは, 従来の教授方法に基づく教材 (A群) であり, もう一方は, 従来とは異なるアプローチを用いた教材 (B群) である (図2).

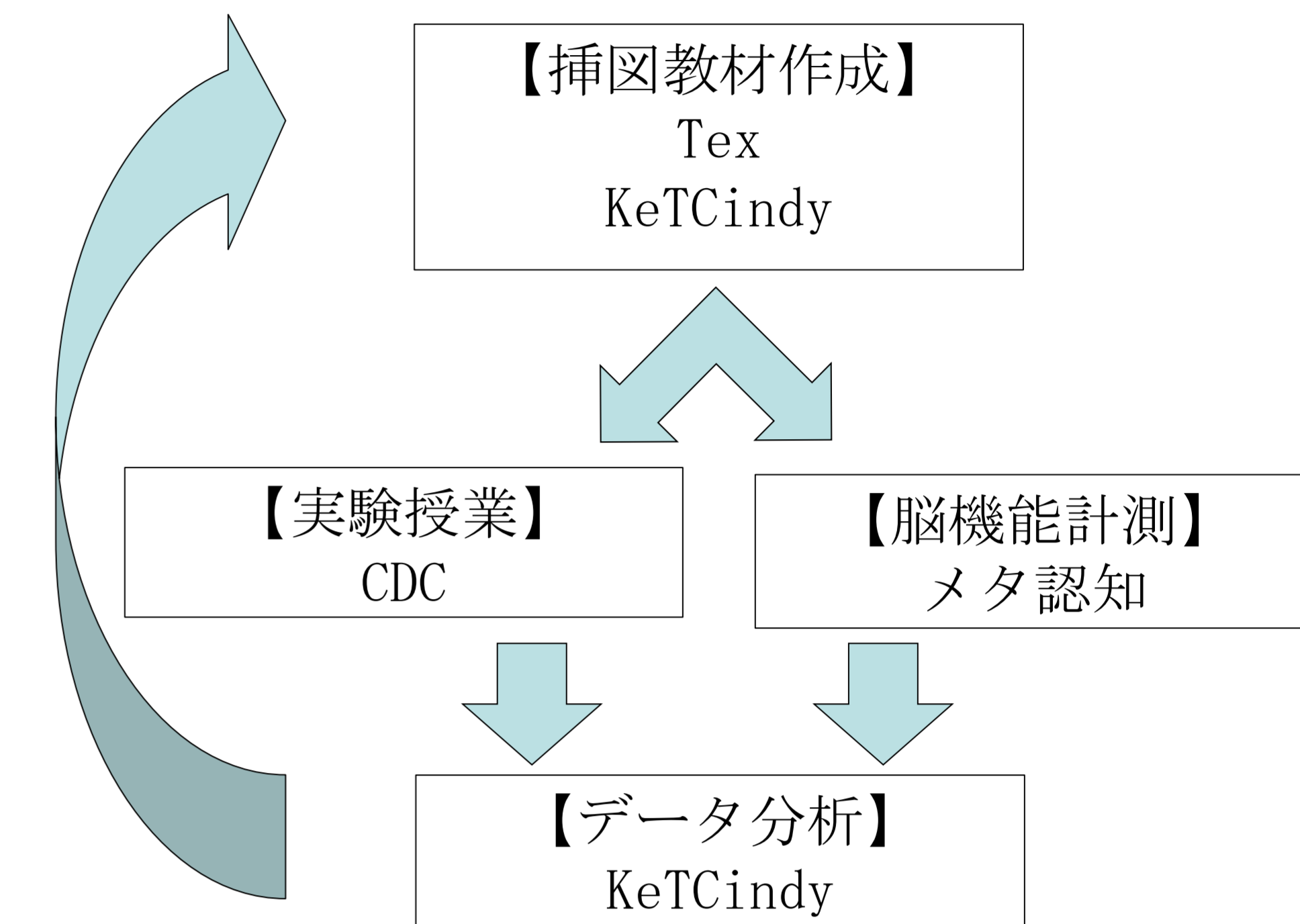
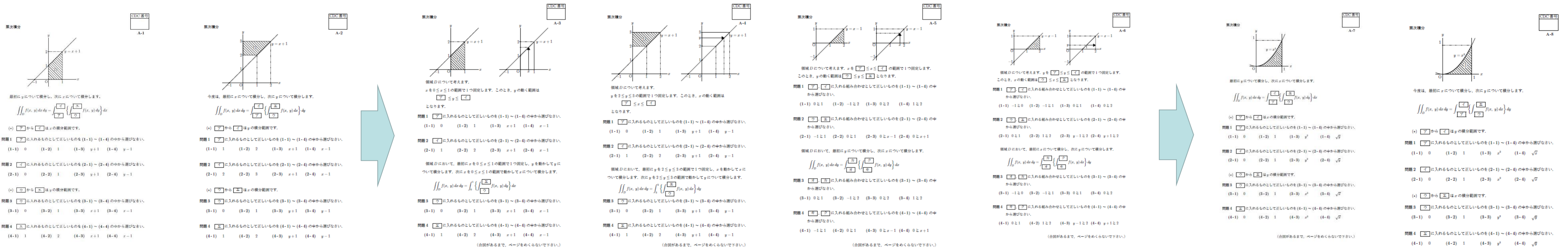


図1 研究概要



主問題(問1, 2): 理解度確認

補助問題(問3~問6): 「気づき」の誘発

主問題(問7, 8): 解答の変化の確認

【STEP2: 実験授業, 脳機能計測】

本研究グループの栗本, 臼井は, 認知検出クリッカー Cognitive Detection Clicker (以下CDC) を独自に開発し (図3), これによって, 学生の解答の推移を時系列で記録することが可能となった. CDC を用いた実験授業を通して, 挿図教材の教育効果を検証する有効な手法が得られつつある.

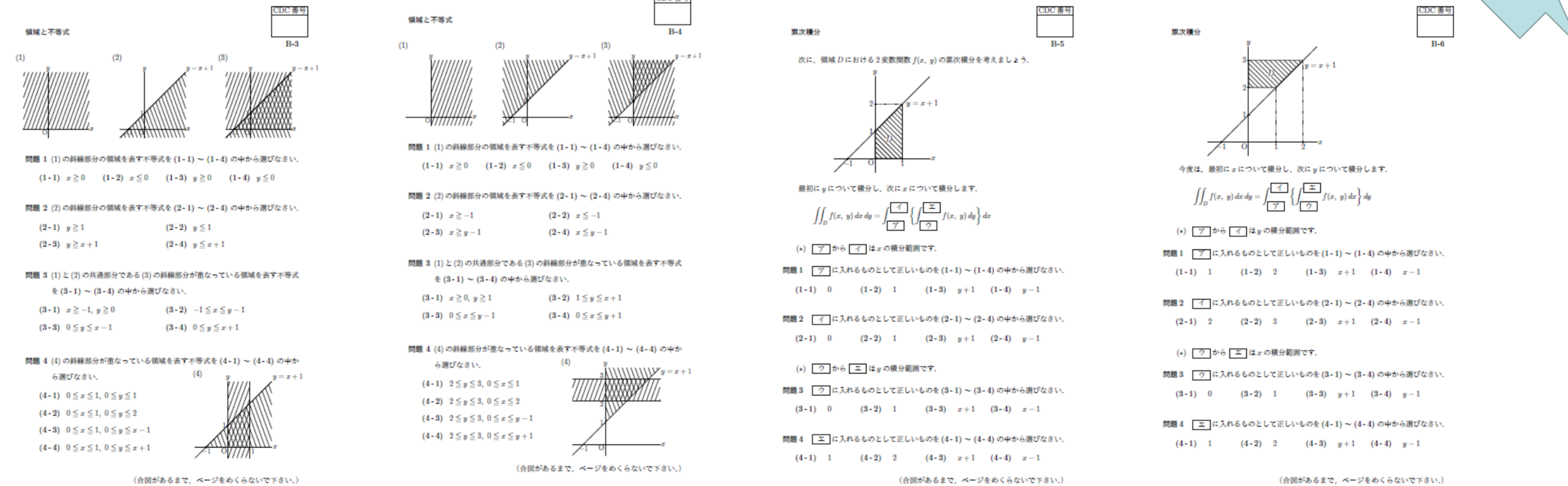


図3 CDC

並行して, 実験授業と同一の挿図教材を用いた脳機能計測を実施する. 脳機能計測により, 脳波信号の自己相似性解析およびスペクトラル解析によって, 学習者のメタ認知を検出する. メタ認知とは, 自らの考えを客観的に評価した上で行動できる能力であり, 「認知を認知する」ことを意味する. これまでの脳機能計測の研究によって, EEGシグナルの自己相似性と同期性解析に基づく「理解する」という思考活動の変移が「快・不快」などの感性の動きと密接不可分に関連しているということが分かりつつある.

【STEP3: データ分析】

数学ソフトウェア KeTCindy には, データ処理機能もあり, 教材作成のみならず, 実験結果を解析するにも有効である. これを用いることによって, CDC で得られたデータをデータ処理から結果の図示までを一貫して行うことが可能となった. 図4は, 2017年10月に福島高専の物質工学科4年生36名を上記挿図教材 (図2) を用いてA, Bの2つの実験群に分けて実施した実験授業における解答の時系列のグラフである. 縦軸は参加者を, 横軸は時間を表し, 青は正解, 赤は不正解であることを意味する. これから全体の解答の傾向や思考の様子を読み取ることができる.

一方, 脳機能計測からは, 段階的に挿図のヒントを与えることで, 間違いの気づきや数学的な概念を理解するといったメタ認知が発生することを期待し, データを分析を行っている.

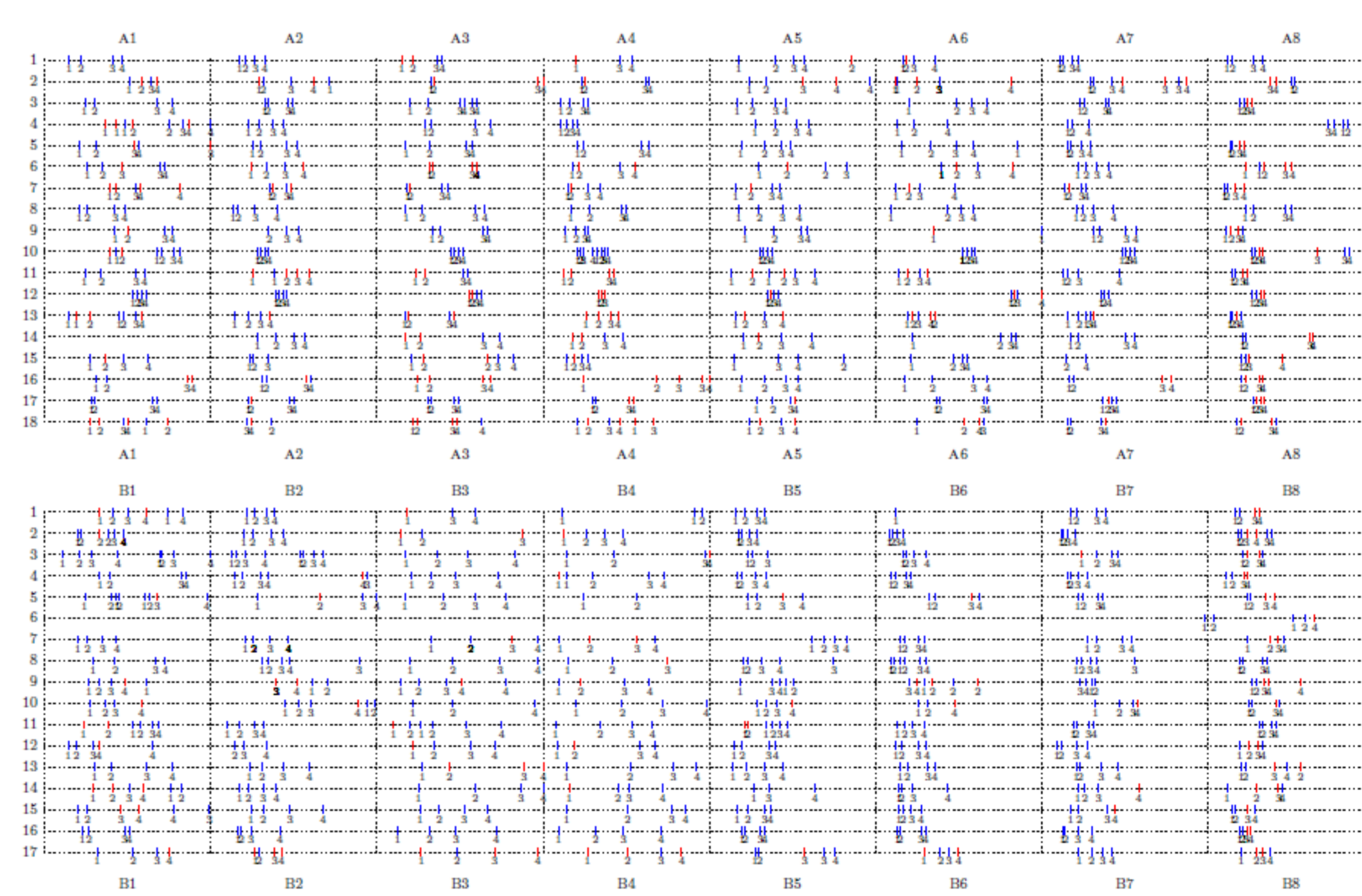


図4 解答の時系列のグラフ

今後の展開

今後, 複数の高専で様々な分野の実験授業を繰り返し実施することで, 実験授業の方法を確立するとともに, 統計的なデータ解析を行い, 教材の教育効果を検証する. また, 脳科学的な成果によって, 教育効果の大きい挿図教材を作成することにつながる手法の確立を目指し, 学習者のつまづく箇所を特定し, 「理解する」という方向への感性の変化を起こす教材を開発していく.

連絡先: 沼津工業高等専門学校 教養科 鈴木正樹

〒410-8501 静岡県沼津市大岡3600 Tel/Fax: 055-926-5755 E-mail: m-suzuki@numazu-ct.ac.jp

