TA 支援システムの導入による 学生への対応時間分散化の影響

今村 瑠一郎1 横山 裕紀1 江木 啓訓1

概要:プログラミング演習講義のティーチングアシスタント (TA) による学生への指導を支援するシステムを提案する.プログラミングの初学者が多い講義では、学生が演習を進められるよう、TA が学生個別に対応することが望まれる.一方で、TA による指導が過剰になった場合、学生の学習効果が減衰する可能性がある.そこで本研究では、TA による対応時間を調整し、TA の指導をより効果的にするシステムを開発した.システムを用いることで、学生が TA の指導により得られる学習機会の均等化と、対応時間の分散を図る.教室内の TA の位置情報から TA が対応中であるかを推定し、対応時間の測定を行う.対応時間が設定値を超えると TA に対して通知をする.その時点で TA は可能ならば対応をまとめる.システムが及ぼす影響を調べるために、プログラミング演習講義にて実験を行なった.その結果、対応時間の短縮は確認されたが、学習機会の均等化と対応時間の分散については、期待された変化はみられなかった.今回の実験で明らかになったシステムの改善点について、今後検討を進める.

TA supporting system to divide instruction time to students

Ryuichiro Imamura¹ Yuuki Yokoyama¹ Hironori Egi¹

1. はじめに

本研究では、プログラミング演習講義でのティーチング アシスタント (以下 TA と表記する) が, より効果的に学 生を指導できるよう支援するシステムを提案する. 大人数 の学生が受講するプログラミング演習講義では、学生の理 解のばらつきが大きくなることがある. そのため, 学生個 別に対応ができるよう TA が配置されている. TA は、演 習中に学生から質問を受けると, 質問をした学生に対応す る. また、学生がうまく演習を進められていないと TA が 判断すると、TA から声をかけて学生に対応する場合もあ る. プログラミング演習講義を受講している学生の中に は、プログラミングの初学者も多く含まれる. 初学者への 対応が不十分で, 演習を円滑に進められなかった場合, 学 習意欲が低下してしまう可能性がある[1]. 一方で、プログ ラミング教育においては,情報技術の発展に対応できるよ う学生が自ら問題解決する姿勢を養う必要性が指摘されて いる [2]. 学生が TA に逐一質問をして頼りすぎてしまった

そこで、TA が対応している学生を特定し、対応時間の測定を行う。TA の対応時間が一定時間を超えた場合に TA に通知を行い、対応時間を調整する。これにより、学生の学習機会の均等化と、1 人の学生への対応時間を講義時間内で分散させることを目的とする。TA 支援システムを開発し、実際の講義に導入して実験を行った。この時の TA の対応状況への影響を調べた。

2. 関連研究

プログラミング演習講義のみを想定したものに限らず、TA を対象とした研究がある. TA の役割そのものを調べるためにアンケートを行った研究や [3][4], TA 業務を効率化させる支援システムの開発など [5], 様々なアプローチがある. 本研究に近い観点のものとして, 教授者による指導の偏りに着目した研究がある [6]. 原川らは教授者の位置情報と音声情報を元に, 巡視の様子を教室マップ上に提

り、TA が必要以上に手助けしてしまう場合がある. このような場合、学生が自ら問題を解決する姿勢が身につかない可能性がある.

¹ 電気通信大学大学院 情報理工学研究科 情報学専攻

示するシステムを開発した.発話のある巡視位置と発話のない巡視位置を区別して提示でき,また巡視位置での滞在時間の長短も把握することができる.これにより,実際の巡視や指導の様子を把握でき,巡視箇所の偏りを確認することができる.しかし,このシステムでは講義時間中にリアルタイムに教授者の巡視の様子を確認することはできない.また,巡視の偏りを把握して,どのように指導の偏りを是正するかの判断は教授者に任されている.

学習者に対して学習支援を行う際に,過剰な支援により 学習効果が減衰してしまう可能性があるという, 支援のバ ランスに関する研究がある. このような支援バランスのジ レンマは、アシスタンスジレンマ (Assistance Dilemma) と 呼ばれる[7]. アシスタンスジレンマに関して、過剰な支援 により学習効果が減衰するのではないかという仮説を検証 した研究がある[8].この研究では、短期および長期での 学習の場合, また実験室的環境および実践的環境での学習 に対して実験を行った. この実験は、教授者が存在するわ けではなく, 学習支援システムの支援レベルを調整するこ とで行われた. 実験の結果, どの環境で行われた学習にお いても, 高いレベルの学習支援を受けた場合に学習効果が 減衰することが確認された. 一方で, 支援を受けなかった 場合と支援を受けた場合では、支援を受けた場合の方が学 習効果を測るテストの成績が良いことも確認された. これ により,一定以上の支援が必要であることも示されている.

本研究では、講義時間中の TA による対応を直接支援するシステムを開発する. 講義時間内に支援を行うことで、学生への指導の偏りを順次是正できるようにし、 TA の指導における判断の一助になることを図る. また、 TA による指導が過剰にならないようにすることで、学習効果の減衰が起こらないようにする.

3. 提案手法

本研究では、TAによる学生への対応時間を調整するシステムを開発する。TAが学生に対応している時間を測定し、対応時間が一定時間を超過した場合にTAに対して通知を行う。通知を受け取ると、TAは学生へ問題解決の指針を提示し、学生に自学を促す。そして教室内の巡回を再開し、他の学生からの質問があればその質問に対応する。本システムを用いることで、学生がTAの対応によって得られる学習機会の均等化と、1人の学生への対応時間が講義時間内で分散することを図る。

学生の学習機会の均等化では、学生が TA から個別に対応される機会を、講義を受講している学生間で均等になることを目指す. 現状では、TA が特定の学生に長い時間対応したり、質問をする学生が一部の学生に偏っている場合がある. このような場合、TA の対応による学習機会が、一部の学生に偏ってしまう場合がある. 学生は、教室内を巡回している TA が近くを通る際に質問することが多い. こ

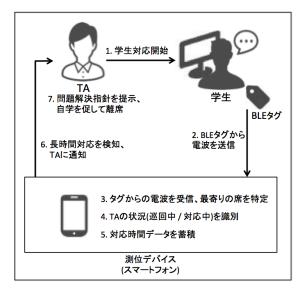


図 1 システム概要

のことから本システムを用いることで、TA が教室内を巡回することを促し、他の学生がTA に質問をする機会を増やすことを図る.

1人の学生への対応時間が講義時間内で分散することとは、長い時間を要する一回の対応を複数回に分割し、講義時間内で分散して対応するようにすることを指す。一回あたりの対応では、問題解決まで導かずに、ヒントや問題解決の指針を学生に示すことに留める。TAが一回対応した後に、一度学生に自身で考えさせる時間を確保することで、学生が自ら課題を解決するために試行することを促す。また同時に、TAによる過剰な支援を防止することで、演習での学習効果の減衰を防ぐことを図る。

4. TA 支援システム

本システムの概要を図1に示す.

本システムを用いた TA 支援は、次の 3 つの手順からなる.

- TA の状況推定
 - TA が教室内を巡回中であるか, もしくは学生に対して対応中であるかを推定する.
- 学生への対応時間の測定
 - TA が特定の学生に対応中であるとシステムが推定すると、対応時間の測定を開始する. TA が対応中の学生のそばにいる間、対応時間の測定を継続し、その場を離れると測定を終了する.
- 対応時間の超過を TA に通知する TA の対応時間が,設定した時間を超過した場合,システムは TA に通知を行う.

4.1 システムの導入環境

本システムは、TA が教室内を巡回中であるか、学生に対して対応中であるかの TA の状況を、TA の位置情報か



図 2 実験に用いた BLE ビーコン

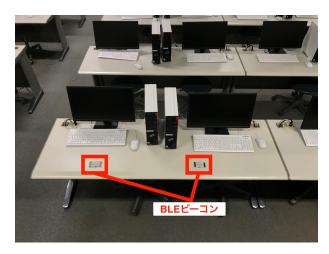


図3 BLE ビーコンを貼付する机の環境

ら推定する.システムを様々な講義で運用可能にするためには、教室の環境に左右されず、持ち運びが容易である必要がある.そこで本研究では、TAの教室内の位置推定のために、Bluetooth Low Energy (BLE)を用いた.教室内の全ての学生の机にBLEのビーコンを貼付する.TAが携帯するスマートフォンを用いて、ビーコンから発せられる電波を検出し、TAの位置情報を取得する.

測位用の BLE ビーコンとして、株式会社フォーカスシステムズ製の FCS1301 を用いた [9]. ビーコンの外観を図 2 に示す.

BLE ビーコンの大きさは、横幅 46mm、厚み 3.5mm であり、机に貼付しても学習を大きく妨げないと考えられる.

BLE ビーコンを貼付した机を図3に示す. 教室内のほとんどの机は4人横並びの配置になっており、TAの対応時間を測定するには両隣の学生を別々に識別する必要がある. このため、BLE の貼付位置を図3に示すようにした. 図3中の机の上には、貼付用のホルダーに収納された BLE ビーコンが置かれている. 図3に示すように、通路側の座席には席の中央にBLE ビーコンを貼付し、内側の座席では席の中央より通路よりに貼付した. このように位置をずらしたのは、TAが各席の学生に対応する際の様子を観察し、TAの位置とBLE ビーコンの位置が近くなるようにしたためである. なお、BLE ビーコンは図3では説明のために机の上に置かれているが、実際にはBLE ビーコンは机の裏に貼付した.

講義時間中の TA の業務を観察すると,TA はテキスト



図 4 TA が携帯するデバイス

表 1 BLE ビーコンの各設定値

-	~	·
	設定項目	設定値
	電波送信頻度	100 [ms]
	TxPower	-40 [dbm]
	RSSI	-75 [dbm]

や質問対応のためのメモ帳を持ち歩いている場合が多い.また、学生に対応する際にパソコンを操作したり、手振りを交えて指導することが見受けられる.そのため、TAが携帯するデバイスはこれらの業務を妨げないようにする必要がある.TAが測位用のデバイスを身につけた様子を図4に示す.TAは2台のスマートフォンを携行する.1台目のスマートフォンは、BLEビーコンから発せられる電波の検知用で、腰に装着する.2台目のスマートフォンはTAに対して通知を行い、上腕または前腕に取り付けた.腕のどの部分に装着するかは、実験を行なったTAが業務しやすいよう個人の判断に委ねた.TAに対する通知の手法に関しては、4.3節で説明する.

4.2 TA の状況推定

図3に示すように各机に貼付された BLE ビーコンの電 波を、TA が装着するスマートフォンによって検知する. これにより、TA が教室内を巡回中であるか、学生に対応 中であるかを推定する. BLE ビーコンは, 100ms ごとに電 波を送信する. BLE ビーコンの電波送信に関する設定値を 表1に示す。 検知用のスマートフォンは、BLE ビーコン の電波を検知するたびにデータの読み込みを行う. 一度の 読み込みで、付近に存在する複数の BLE ビーコンの電波 を受信する. BLE ビーコンから発せられる電波をスマート フォンが受信する際の、受信電波強度から BLE ビーコン の貼付位置までの距離を求めることができる. これを用い て,毎回の読み込み時に,TA が装着するスマートフォンか ら最も近くの BLE ビーコンを特定する. その BLE ビーコ ンが貼付されている机を, TA の現在位置とする. スマー トフォンが電波を検知するたびに、最近傍の BLE ビーコ ンの情報は更新される. 最近傍の BLE ビーコンが読み込

表 2 実験対象講義の概要

講義内容	学部1年生を対象とした基礎プログラミング演習	
使用言語	Ruby, C	
受講学生	学部 1 年生 約 70 名	
教員数	1 名または 2 名	
TA 数	2 名	
講義回数	半期 15 回	
講義時間	90 分	

みごとに変化している場合は、TA は教室内を巡回中であると推定する.逆に、一定時間以上TA から最近傍のBLE ビーコンが変化しなかった場合に、TA が学生へ対応を行なっていると推定する.

4.3 TA による学生への対応時間の測定と TA への通知

TA が対応を開始したとシステムが推定すると、対応時間の測定を開始する. TA が装着しているスマートフォンから最も近くの BLE ビーコンが変化しない限り、測定を継続する. 対応時間が 5 分を超過した場合、通知用のスマートフォンのバイブレーションが動作し、TA に対して通知を行う. 第 5 章で述べる今回の実験では、TA は通知を受け取っても対応を継続してよいものとした. この場合、対応時間が 5 分を超過した後に、さらに 45 秒おきに再度通知をするように設計した. TA による対応が終了し、TA が学生のそばを離れると、対応時間の測定は終了する.

5. 評価実験

理工系大学の学部1年生を対象とした基礎プログラミン グ演習講義において,本システムの性能および導入が及ぼ す影響について評価実験を行なった. 講義の概要を表2に 示す. 半期 15 回の講義のうち, 11 回目から 15 回目にか けて実験を行なった. この講義は13クラス開講されてお り、そのうち6クラスを実験の対象とした、そのうち3ク ラス (クラス 1, 2, 3) をシステムを導入する実験群, 残り の 3 クラス (クラス 4, 5, 6) を,授業の様子の確認のみ行う 統制群とした. 各クラスには TAが 2 名配置される. 実験 群の TA を TA1~TA6, 統制群の TA を TA7~TA12 とし た. 11 回目から 13 回目の講義では、両群ともにシステム を導入せず, TA による対応の回数と時間を計測した. 14 回目と15回目の講義において、実験群のクラスのTAに システムを利用してもらった. 実験の対象とした全ての講 義においてビデオ撮影を行い、TA の対応の回数と時間を 計測した.本実験から,次の3つの結果について分析を行 なった. 1つ目はシステムによる TA の対応状況推定の精 度である. 講義時間中にシステムが対応中と判断した時間 量と,TA が実際に対応していた時間量を比較し,推定精 度を算出した. 2つ目は TA の対応状況の変化を調べた. システムを導入する前後での対応状況の変化を、実験群と 統制群との比較により求めた. 最後に実験に参加した TA

表 3 TA の状況推定に関する精度

X 0 11 3 Manazera X 7 0 41 X					
クラス-講義回	ТА	TA 状況推定	座席特定		
ンノ ハ- 神我凹		一致率	一致率		
1-14	TA1	0.536	0.050		
1-14	TA2	0.548	0.359		
1-15	TA1	0.656	0.131		
	TA2	0.763	0.237		
2-14	TA3	0.636	0.436		
	TA4	0.730	0.631		
3-14	TA5	0.682	0.458		
	TA6	0.667	0.392		
2 15	TA5	0.782	0.716		
9-19	TA6	0.716	0.527		
平均		0.672	0.394		
3-15	TA5 TA6 TA5	0.682 0.667 0.782 0.716	0.458 0.392 0.716 0.527		

に対して,全ての実験終了後にアンケートを行なった.ア ンケートの結果から,システムの有用性や,改善点につい て調査した.

6. 結果と考察

6.1 TA の対応状況の推定精度

本システムは、検知用スマートフォンが BLE ビーコン からの電波を受信するたびに、TA の状況推定を行う. そのため、実際と比較して正しく状況推定が行われた電波受信回数から、TA の状況推定の精度を算出した. 一部データの欠損があったため、5回分の講義における精度の分析を行った. 各講義回の TA ごとの推定精度の結果を表 3 に示す.

表 3 中の「TA 状況推定一致率」は、TA が対応中であ るか巡回中であるかの推定精度を指す.「座席特定一致率」 とは、TA が実際に対応している間にシステムも対応中で あると推定し、かつシステムが特定した対応中の学生の座 席も一致している場合の精度を指す. TA 状況推定一致率 の全体での平均は70%を下回り、座席特定一致率について は 40%を下回る結果となった. また, TA 間で精度のばら つきがみられた. これは、TA が対応している際の姿勢や、 席に対する TA の位置の違いによるものと考えられる. こ れらの結果から, 一回一回の電波受信時のデータのみから 対応状況を推定することは困難であると判断された. その ため,対応時間を測定する際の状況推定には,直近数十回 分の読み込みデータを用いた. しかし, 実際には TA が対 応を開始していないのにも関わらず、システムが対応中と 推定する場合があった. その場合は TA の業務を阻害して はならないため, 実験者が手動で対応時間の測定を中断し た. これらの制約から、必ずしも全ての対応には通知が行 われなかったが、実験群の TA 全員に一回以上の通知が行 われた.

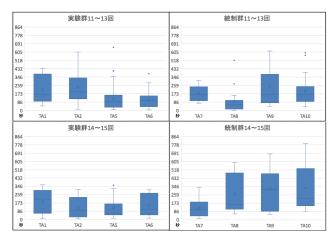


図 5 学生ごとの平均対応時間

6.2 TA の対応状況の変化

システム導入前後で TA の対応状況に変化がみられるか を調べるために、各講義での TA の対応の様子を分析した. データの欠損、および TA の業務形態が他と異なるクラス があったため、両群 2 クラスずつ (クラス 1, 3, 4, 5) を分 析の対象とした. 本研究は, 学生個人ごとの学習機会の均 等化と, 対応時間の短縮および分散を目的としている. そ のため、TA の対応状況の変化を調べるために、学生の側 に着目して対応状況を調べた.まず、システム導入前(11 ~13回)と導入後(14回, 15回)の両群のクラスにおける, 対応を受けた学生ごとの対応時間の平均を求めた. 学生ご との平均対応時間を TA 別に集計した結果を, 図5に示す. 図5の上段の2つのグラフは、システムを導入する前の11 ~13回目での平均対応時間を表している.下段の2つの グラフは、実験群にシステムを導入した14,15回目での 平均対応時間を表している. 図5の結果から, 実験群の平 均対応時間はシステム導入前後で大きく変化していないと 考えられる. 一方, 統制群では14回目と15回目の平均対 応時間が長くなっていることがわかる. これは,14回目と 15 回目の講義がそれぞれ最終の学習トピックおよび総合 演習の講義回であり、難易度が前半に比べ上がっているた めと考えられる. これらのことから, 実験群ではシステム を用いることによって, 平均対応時間の延長を抑えること ができたと推測できる. このことを検証するために、シス テム導入前後での、両群それぞれの TA 全員での平均対応 時間を求め、比較した. その結果を、図6に示す. 図6の 2本の棒グラフのうち、左側は実験群、右側は統制群の平 均対応時間を示している. 実験群の平均対応時間はシステ ム導入後に短縮され、統制群の平均対応時間は延長してい ることがわかる.システム導入前後それぞれにおいて,両 群の間に有意な差がみられるかを検証した. 両群の平均対 応時間に関して Wilcoxon の順位和検定を行った. その結 果,システム導入前では両群の間に有意差はみられなかっ たが、システム導入後では1%水準での有意差がみられた.

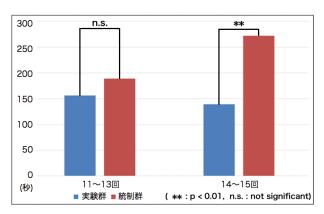


図 6 両群の平均対応時間

表 4 システム導入前の各講義回の学生ごとの平均対応回数

講義回	クラス 1	クラス 3	クラス 4	クラス 5
第 11 回	1.27	1.30	1.25	1.59
第 12 回	1.00	1.42	1.33	1.21
第 13 回	1.50	1.30	1.33	1.42
導入前平均	1.26	1.34	1.30	1.41

表 5 システム導入後の各講義回の学生ごとの平均対応回数

講義回	クラス 1	クラス 3	クラス 4	クラス 5
第 14 回	1.29	1.12	1.17	1.29
第 15 回	1.36	1.40	1.20	1.23
導入後平均	1.33	1.26	1.19	1.26

このことから、システムの導入により対応時間の延長を抑制することができたと考えられる.

システムによって対応時間の短縮が可能であることが確認できたので、学習機会の均等化と対応時間の分散に関する変化を調べた。まず、学習機会の均等化を調べるために、学生ごとの平均対応時間の分散を求めた。システム導入により学習機会の均等化が起きていれば、対応時間の分散はシステム導入後に小さくなっていることが期待される。しかし、得られた結果からはシステム導入前後で平均対応時間の分散に有意差はみられなかった。よって、学習機会の均等化を実現するためには、より強く TA の行動に影響する手法が必要であると考えられる。

次に、対応時間の分散について調査した。各講義回での、 TA の対応を受けた学生の平均対応回数を求めた。システム導入により対応時間の分散が実現されていれば、対応回数が増加することが期待される。システム導入前後それぞれの各講義回における平均対応回数を求めた結果を、表4と表5に示す。

表4と表5の結果,両群とも平均対応回数に変化はみられなかった. 統制群は2クラスとも平均対応回数が減少しているが,実験群の2クラスは増加と減少両方の結果になった. このことから,対応時間の分散についてもシステム導入後の変化はみられなかった.

以上の結果から、システム導入により対応時間の長期化

は抑制できることがわかった.しかし、学習機会の均等化と対応時間の分散を実現するには、システムを改善していく必要が明らかになった.特に対応時間の分散においては、学生が再度質問をしたり、TAから声かけを行わなければ実現しない.そのため、対応時間の調整のみでは限界があり、質問や声かけを促すシステム構成にする必要があると考えられる.

6.3 TA へのアンケート結果

TA に行ったアンケートにより、いくつかのシステムの 改善点や,システムの有用性についての回答が得られた. まずシステムの改善点について2点挙げる.1つ目に,本 システムを用いることで、システムの通知がなくとも対応 時間を意識する場合があることがわかった. 時間を計測す るデバイスを装着することで、焦らされている感覚になる TA が存在した. これらの TA は、システムの本来の機能 とは別の要因により対応時間に影響を及ぼした可能性があ る. そのため、このような心理的影響を排除した実験を行 う必要がある. 2つ目に、今回の実験では対応時間が決め られた時間を過ぎると通知する設計であったが、これが動 的に変化することを望む回答があった. 対応時間の設定値 は、学生の特性や講義の難易度によって、今後設定する必 要があると考えられる.今回の実験では,学生の得意不得 意に関わらず学習機会を均等にするという意図で、設定時 間は統一にしていた. しかし, 実験対象の講義は初学者が 多いことから、初学者に対応するには現在の設定時間では 短く対応しきれない場合があった. そのため対応時間の設 定を、学生ごとに変動するべきかどうかも含めて、講義ご とに設定できるようにする必要があると考えられる.

本システムを使用することにより、TA業務を阻害する可能性があるかを尋ねた.その結果、講義中デバイスが邪魔に感じられたと答えたTAは存在しなかった.そのため、本システムがTA業務に支障をきたす可能性は低く、長時間装着して運用しても問題ないとわかった.これにより、本システムは日常的に運用でき、長期的な調査も行えると考えられる.

最後に本システムについて、想定とは異なる運用方法が取れる可能性がみられた。今回の実験では、TAが対応を開始して一定時間が経過した場合にのみ、TAに通知を行う設定であった。しかし、対応を開始してからより短い間隔で定期的に通知をしてほしいという回答があった。この方法をとることで、TAは自発的に対応時間の経過を意識でき、対応中の学生に合わせて対応時間をTA自身で決められるのではないかと考えれる。今後、この方針についても、その有用性も踏まえて検討していく。

7. 今後の展望

今回の実験から、BLE を用いた TA の測位情報のみに

よる TA の状況推定には実運用の点で課題が多いことがわかった. 今後, 測位情報とジャイロセンサから得られる情報の併用や, TA の視野映像による教室内トラッキングなど, TA の状況を推定する方法を検討する. また, 学生の学習機会の均等化と対応時間の分散を実現するには, システムの機能が不十分であるとわかった. 学生の質問や, TA による声かけを促すためのシステムを用意する必要がある. そして, TA のアンケートから, システムの改善点や多用途での運用の有用性が示された. これらについても発展性を検討する.

8. おわりに

本研究では、TAの教室内の位置情報からTAの状況を推定するシステムを提案した。このシステムを導入することで、学生の学習機会の均等化と、対応時間の分散を目的とした。実際のプログラミング演習講義にて実験を行なった結果、TAによる対応時間の長期化を抑制できることが確認された。一方、前述の目的が果たされたことを示すTAの対応状況の変化はみられなかった。今後、システムの改善や、他用途での運用方法について検討する。

謝辞

本研究の一部は, JSPS 科研費 JP18K02911, JP18K18657, JP19H01710 の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] 井垣宏, 齊藤俊, 井上亮文, 中村亮太, 楠本真二. プログラミング演習における進捗状況把握のためのコー ディング過程可視化システム c3pv の提案. 情報処理学会論 文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 330–339, 2013.
- [2] 岡本雅子, 村上正行, 喜多一, 吉川直人. 初学者を対象とした自習中心のプログラミング教育の教材開発と評価. 情報教育シンポジウム 2010 論文集, No. 6, pp. 87-94, 2010.
- [3] 山田邦雅, 細川敏幸, 西森敏之, 安藤厚. 北海道大学における ta を評価したアンケート調査の分析. 高等教育ジャーナル: 高等教育と生涯学習, Vol. 17, pp. 37-44, 1 2010.
- [4] 冨永敦子, 椿本弥生, 大塚裕子. 情報系実習授業において 重視される ta の資質. 教育システム情報学会研究報告, Vol. 30, No. 6, pp. 7-14, 2016.
- [5] 野口剛史, 井手敬也, 長郷俊輔, 古賀雅伸, 矢野健太郎. Pc を使う多人数講義における ta 業務支援システムの開発と 評価. 情報処理学会研究報告, Vol. 2013-CLE-11, No. 31, pp. 1–5.
- [6] 原川翼, 瀧川陽介, 高野辰之, 小濱隆司. 机間指導支援システムの提案. 情報処理学会第 76 回全国大会講演論文集, 第 2014 巻, pp. 731-733, 2014.
- [7] K. R. Koedinger and V. Aleven. Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors. *Educa*tional Psychology Review, Vol. 19, pp. 239–264, 2007.
- [8] 三輪和久. 学習の科学と工学の協同: アシスタンスジレンマから学習効果減衰仮説を巡って. 人工知能, Vol. 30, No. 3, pp. 273-276, 2015.
- [9] 株式会社フォーカスシステムズ製 fcs1301. https://www.fcs-mimamori.com/. last access 2019-02-07.