

プロジェクト型学習における学生チームの進捗改善

岡野仁庸*、古本政博*、大島草太*、竹中秀樹*、佐原宏典*

* 東京都立大学大学院 システムデザイン研究科 航空宇宙システム工学域

Improvement of Student Teams' Progress in Project-Based Learning

Yoshinobu Okano*,
Masahiro Furumoto*, Sota Oshima*, Hideki Takenaka*, Hironori Sahara*

* Department of Aeronautics and Astronautics, Tokyo Metropolitan University

* okano-yoshinobu2@ed.tmu.ac.jp

概要: PBL 型授業はチーム教育の手法として広く導入されているが、チームの迷走によって実施側も参加者も今ひとつ PBL の効果を感じられないもので終わることがある。本学が提供する「研究プロジェクト演習(4)」の2年度間について、チームによるプロジェクト活動の活性化と評価を作業時間とその一定進捗からの乖離、及びチーム余裕の指標を以って分析した。その結果、前年度の最終報告書のレビューを行うことを導入することと報告会を複数回実施することによって、スムーズなプロジェクト開始と作業時間の増加が見られた。また、チームの活性化を評価する指標としてジニ係数を導入し、初年度と第2年度のチームとチーム内メンバーの作業時間に適用した結果、いずれも初年度に比べて第2年度は一定進捗に近付き、チーム作業時間及びメンバー作業時間のばらつきが有意に縮小していることが分かった。本論文の手法によってチーム及びチーム内メンバーの活性化を評価することができ、顕著な活性化が見られないチームやチームメンバーを定量的に顕在化させ、テコ入れの必要性を判断することができる。

Abstract: PBL-type classes have been widely introduced as a method of team education, but sometimes the team goes astray, and both the implementer and the participants end up not being able to feel the effects of PBL. For the two years of the "Research Project Exercise (4)" offered by the university, an activation and evaluation of the project activities by the teams were analyzed using the indicators of working hours, deviation from a certain progress, and margin of team. As a result, the introduction of reviewing the previous year's final report and the holding of multiple debriefing sessions resulted in a smoother project start and increased working hours. We also introduced the Gini coefficient as an index to evaluate team activation, and applied it to the working hours of the team and the members in the first and second years. The results showed that the working hours was closer to equal distribution in the second year than in the first year, and the variation in teams' and members' working hours was significantly reduced. The method described in this paper can be used to evaluate the activation of teams and team members, to quantitatively identify teams and team members that are not showing significant activation, and to determine the need for leveraging.

キーワード: プロジェクト型学習、段階的プロジェクト計画、作業時間、ジニ係数

Keywords: Project-Based Learning, Phased Project Planning, Work hours, Gini coefficient

1. はじめに

今や PBL 型授業はチーム教育の手法として広く導入されている。しかしながら「PBL」という略称が先行することか

ら、実施側と参加者にとって、それが Problem-Based Learning なのか Project-Based Learning なのかが不明瞭なまま実施されることもまた散見される(上越教育大学, 2017)。両者の相違を認識することなく「PBL」を導入した場合、参加者は「問題」と「課題」の区別が曖昧になることや、或いは

「何をつくるか(What to Make)」と「如何につくるか(How to Make)」(泉, 2021)のいずれのアプローチを取るべきかの混乱を招く。その結果、具体的なチーム作業が見えなくなることやチーム作業によって生み出される課題や解決方法に斬新さがなく共感を得にくいというチームの迷走が発生し、実施側も参加者も今ひとつPBLの効果を感じられないもので終わってしまう(齊藤・坂本・竹田・角, 2017)。

一方で、PBL型授業はチーム作業を通して課題設定と問題解決、及びプロジェクトの手法を習得させることを目的としている(藤井・平尾, 2010)。従って、実施側は参加者に対して、一定の期間内にある一定量の作業量を期待したいところであるのだが、チーム内の各メンバーの作業量に偏りが生じることや、メンバー全員の作業量が不足する

ことがしばしば起こってチームが迷走する。これは上述の状況が要因であると考え、それを補強・補正する工夫が必要となる。

東京都立大学大学院システムデザイン研究科航空宇宙システム工学域が提供する「研究プロジェクト演習(4)」(以下、プロ演)(東京都立大学, 2021)においてもこのようなことは従前問題となっていたが、2020年度からの3ヶ年度の改善計画が本学の教育改革推進事業として採択されたことを契機として大幅な改変を行った(図1)。本論文では、プロ演の改革によってチームによるプロジェクト活動がどのように変化したかを分析し、チーム作業の活性化と評価について検討を行ったので報告する。

週数	従前	PDCA	改革・初年度	改革・第2年度	改革・第3年度(予定)	PDCA
①	ガイダンス	-	ガイダンス	ガイダンス・全体テーマ提示	ガイダンス・全体テーマ提示	-
②	講義・チーム編成		チーム編成・全体テーマ提示・演習	チーム編成・前年度レビュー	チーム編成・前年度レビュー	A
③	講義・演習		講義・演習	レビュー報告会	レビュー報告会	P
④	講義・演習		当初報告会	講義・演習	講義・演習	
⑤	講義・演習・問題定義		当初報告会	当初報告会	当初報告会	
⑥	当初報告会	P+D	チーム活動	チーム活動	チーム活動	D
⑦						
⑧	チーム活動		MDR	MDR	MDR	
⑨						
⑩	中間報告会		チーム活動	チーム活動	チーム活動	
⑪						
⑫	チーム活動		PDR	PDR	PDR	C
⑬						
⑭	最終報告会	C	最終報告書	最終報告書	最終報告書	A
⑮	最終報告書	A				

図1 プロ演の従前と改革3ヶ年度のマスタースケジュール

2. 改革の詳細と分析手法

2.1 対象となる科目

東京都立大学大学院システムデザイン研究科は情報科学域、電子情報システム工学域、機械システム工学域、航空宇宙システム工学域、インダストリアルアート学域から構成される。各学域ではプロジェクトを少人数グループによる活動で進めて共創力や集合知の重要性を体得することを目的として、Problem-Based Learning 又は Project-Based Learning に基づいた「研究プロジェクト演習」を博士前期課程の必修科目として提供している。

本論文が対象としたプロ演は航空宇宙システム工学域が提供している。従前のプロ演では、当初講義で WBS (Work Breakdown Structure) などのプロジェクトマネジメン

トに係る事項や外部講師による実務経験を座学にて伝えた上で少人数のチームを編成し、まず旅行計画といった練習用プロジェクトを与え、チーム毎にこれを実施し、発表会を行って評価を受ける。その後、実学に対応した全体テーマとして、例えば「安全な交通を実現する」といったような問題定義を提示する。これを解決するためのプロジェクトをチーム毎に立ち上げ、現状分析からの問題点抽出、課題設定及び要求分析、そしてシステム検討を行い、そのシステムによって得られる効果を定性的かつ定量的に見積もることまでを行い、発表会を実施して評価を受ける。このときの評価項目は一連の論理が一貫していることに加えて、新しいライフスタイルを提案するものであるかどうかということも大きい。履修学生は社会的背景やそこから具体的なシステムへ至ること、及びその効果を算定するまでを完遂することで問題解決能力と課題設定能力、及びシス

テムデザインを鍛錬する。

一般に、プロジェクト及びこれを実施するチームの問題解決能力や課題設定能力、そこから創出されるシステムは、継続してプロジェクトを経験することによって高度化していく。そこでは「Plan (計画)」「Do (実行)」「Check (評価)」「Action (改善)」の PDCA サイクルを適用することでのスパイラルアップが有効である(神武・前野・西村・狼, 2010)。また、未解決の問題に対して現時点では未知の事項により解決に取り組む場合には「Observe (観察)」「Orient (指向)」「Decide (決定)」「Action (実行)」の OODA ループ(Enck, 2012)を PDCA サイクルの各段階において適用することが効率的である。

しかしながら、従前のプロ演の実施スキームには以下の3点の問題があることが明らかとなっていた。

- 履修学生においては現状問題の解決には新たなシステムを創出することになるが、PDCA サイクルの各段階において OODA ループの位置付けが曖昧となってチームのプロジェクトの迷走が頻発している。
- 履修学生が履修期間内で PDCA サイクルを経験するものの、「A」の検証となる2サイクル目への引き継ぎが不十分であるためスパイラルアップができていない。即ち、PDCA サイクルの断絶は毎年、履修学生が過去の履修学生と「同じ轍を踏む」ことを繰り返すことの要因となっている。
- 当学域としてはプロ演の継続的な開講を通して内容をブラッシュアップして洗練化させていく必要があるが、上記2点の現状から不十分となっている。

履修学生に対して OODA ループを明確に意識させること自体は、細切れの課題を与えて短期間で解決させることを何度か行えば座学によっても可能であって、OODA ループを順調に PDCA サイクルの各段階に適用できれば効率的なプロジェクト遂行上、極めて有意義である。しかしながら履修学生に OODA ループの位置付けを明確にして PDCA サイクルの各段階に導入して順次経験させることによってスパイラルアップさせるには、プロジェクトを最低でも2巡はさせる必要があつて、単年度半期のプロ演では時間的制約のため現実的には実施不可能である。また、このような「例年同じ事を繰り返す」のみではプロ演のブラッシュアップは望めない。

2.2 改革

2020年度より、単年度半期という時間的制約の下で履修学生に対して OODA ループと PDCA サイクルを完遂することができる活性化を行うための実施スキームを確立し、定着させる改革に着手した。そもそも PDCA サイクルのスパイラルアップは「A」を経た上での「P」が大きく貢献する。これを踏まえて実施手段としては、まずプロ演の既修者をメンターとして各チームに配置し、さらに同じく既修者の一人によってメンターの活動を管理するメンターとりまとめを行うことで「伝承」が為されることを期待しつつ、当初に前年度プロジェクトの最終報告書のレビューを行ってその改善点を提示することで前年度プロジェクトに対する「A」を実施して今年度の「P」へ繋げる。このとき、前年度と今年度では同一課題とは限らないが、手法を経験することを目的としているのでこのことは特に問題ではない。

この改革には、実施スキームの作成、確立、定着で3ヶ年度を要する。初年度は実施スキームの作成に充て、「PDCA」を経験しつつも「A→P」は実施されないが、次年度以降は当初に前年度プロジェクトに対して「A」を実施することが加わるので「A+PDCA」の順序で PDCA サイクルを回すことができ、自身のプロジェクトに対してではないが「A」の必要性を体得する。いずれの年度であっても当初の座学は従前と同じく実施し、プロジェクト及びそのマネジメントの概要を伝えるが、特に PDCA サイクルを経験すること、及びその各段階で短期的な OODA ループを素早く回すことを意識させるように努める。プロジェクト遂行にあたっては、進捗の効率化と PDCA サイクルの各段階の明確化を企図して段階的プロジェクト計画(Phased Project Planning, PPP)(JAXA, 2007)を導入する。なお、プロ演では実際のシステムを製作することは含めないで、PPP におけるプリフェーズ A とその評価を行う Mission Definition Review(MDR)を経た上で、フェーズ A/B とその評価を行う Preliminary Design Review(PDR)で評価を受け、最終報告書を提出することを以ってプロジェクト完了と定義する。MDR 及び PDR は従前での中間報告会及び最終報告会に相当し、PPP に基づく呼称によって各報告会の位置付けを明確化したものである。

2020年度(初年度)と2021年度(第2年度)はコロナ禍のため、プロ演は全てオンラインにて実施した。なお、緊

急事態宣言の解除期間には一部のチームでは感染防止策を講じた上で対面形式でのチーム会議を実施したところもあった。講義資料や発表資料、最終報告書については本学の e ラーニングシステムである「kibaco」を利用し、チーム会議議事録などについては Google ドライブを利用した。文書や連絡の経路及び窓口が不明瞭であることはプロジェクトの進捗をチーム内外とも把握できなくなるため、これを回避するために図 2 のように経路と窓口を規定した。

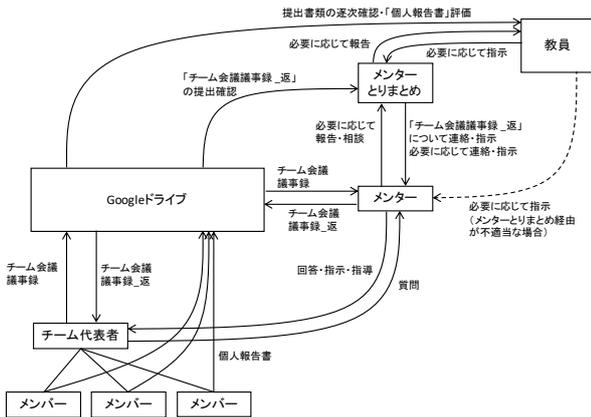


図 2 プロ演での文書や連絡の経路及び窓口

プロジェクト遂行のためのチーム会議は従前と同じく最低週 1 回は実施することを求め、具体的な実施の回数や日時は各チームの判断とした。チーム会議議事録は、文書作成が負担となってプロジェクト遂行に支障が出ることを避けるため、改革では A4 用紙 1 枚に限定して様式を定めた(図 3)。メンターはチーム会議議事録を逐一レビューした上でチームへ返送する。これが滞りなく実施されていることをメンターとりまとめが逐次確認する。一方、個人に対してはチーム会議議事録の様式で記載できない事項や個人活動の記録を残すことを目的として週 1 回で個人報告書を全員に提出させ、様式や頁数の制限は掛けなかった。また、プロジェクトの進捗管理または事後評価を行うために、各チームには個々のメンバーがプロジェクトに費やした作業時間を週毎に記録することを求めた。

東京都立大学大学院	研究プロジェクト演習 (C) (2021年度)	チーム会議議事録
チーム名 _____	実験回 第 ____ 回	開催日時 _____ 年 ____ 月 ____ 日
参加者 (役割) _____		開催場所 _____
前回の問題点 _____		
今回の課題 _____		
今回の結論 _____		
1) 議事		
項目 内容		
2) 添付資料		
項目 項目 資料名・ファイル名		
3) 議論内容・決定事項		
項目 内容		
4) 次回までのA/I		
項目 項目 資料名・ファイル名		
5) 報告書におけるチームでの作業量を記録しましたか? <input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ		
6) 次回予定 _____ 年 ____ 月 ____ 日 ____ 時 ____ 分 ~ ____ 時 ____ 分		
以上記載内容をチームメンバー全員が確認して合意した。		
メンターからのコメント		

図 3 チーム会議議事録の様式

本論文の分析はこの作業時間記録に基づいている。プロ演の改革の効果を知るために、個々のメンバーから報告された「メンバー作業時間」を用いる。チームとしてのある時点での「チーム作業時間」は、そのチームを構成するメンバーのその時点でのメンバー作業時間の合計とする。

3. 分析結果

3.1 改革・初年度について

3.1.1 概要

受講生は当学域博士前期課程 1 年生の 38 名であった。これを 3~4 名ずつの 10 チームに編成した。改革の一つとして、各チームには昨年度に従前のプロ演を履修した同 2 年生をメンターとして配置し、またメンターとりまとめによる管理を行わせた。

第 1 週にはプロジェクトに係る基本事項や実施手段を説明した。第 2 週には全体テーマとして「コロナ禍における現実空間のライフスタイルの提案」を提示し、プロジェクトの出発点となる「問題点抽出」を Google スライド上で KJ 法に従って行わせた後、第一歩が踏み出されたことの確認は特に重要であると考え、講義時間内に各チームから発表を行った。全体テーマが「現実空間」と限定されているのは、安易な仮想空間の提案を回避するためである。第 3 週には抽出された問題点に対してプロジェクトの具体的な実施項目やスケジュールを管理する WBS 及びガントチャートについて講義し、Google スプレッドシートを用いてその作成を開始させた。第 4 週に当初報告会を実施し、全体テーマに基づいて各チームが抽出した問題点と WBS 及びガントチャートによって「課題設定の方向性」を確認し、教員

や他チーム学生との質疑応答を実施することで、不備不足のあるチームに対しては方向性を修正する機会とした。第5週から第7週は問題点抽出及び課題設定の十分な議論を行わせるチーム活動とした。第8週にMDRを実施し、抽出された問題点とそこから設定された課題の妥当性を評価した。この期間はPPPにおけるプリフェーズAに相当し、改革ではPDCAサイクルの「P」に充てている。MDRでは、設定された課題に対して何をいつどのように解決していくかということが定められていることも評価項目とした。即ち、以後の段階ではここで確定された課題と解決手段を達成するための活動となる。当初報告会と同じく不備不足のあるチームに対する再考の機会とすべく、教員等との積極的な質疑応答を行わせた。第9週から第12週はPPPにおけるフェーズA/Bに相当し、改革ではPDCAサイクルの「D」に充てている。各チームが設定した課題を具体的に解決していく段階である。第13週には2コマを利用して、プロジェクトのDefinition Phaseの完了を見定めるPDRを実施し、各チームが全体テーマに対して設定した課題の解決手段とその定性的・定量的効果を検証することを以って評価を行った。PDRから2週間後を期限として、プロジ

ェクト進捗に対するレビューや次年度への申送事項を含むプロジェクト完了報告書に相当する最終報告書を各チームに提出させた。これを以って、プロジェクト活動を終了した。なお、MDR及びPDRにおける評価は、プロ演の受講生、メンター、教員の全員に対して各チームの評点及びコメントを記録することで行った。この評点とコメントは、該当するチームへのフィードバックを行い、その後の活動や最終報告書への反映を促した。

3.1.2 分析結果

前節に記載の通り、受講生には活動記録としてチーム会議議事録及び個人報告書の提出を義務付けているが、各チームのメンバー作業時間の記載を含めたことから、各チーム及び個人の進捗を可視化することができた。図4に各週での各チームメンバーの作業時間を棒グラフで、その合計であるチーム作業時間を折れ線グラフで示す。ここでA~Jはチーム名を、これに付記する番号はチームメンバーを表す。これより、以下のことが見受けられる。

- 作業は一定進捗で行われていない。
- チームによって作業時間の推移はまちまちである。
- チーム内メンバーの作業時間にはばらつきがある。

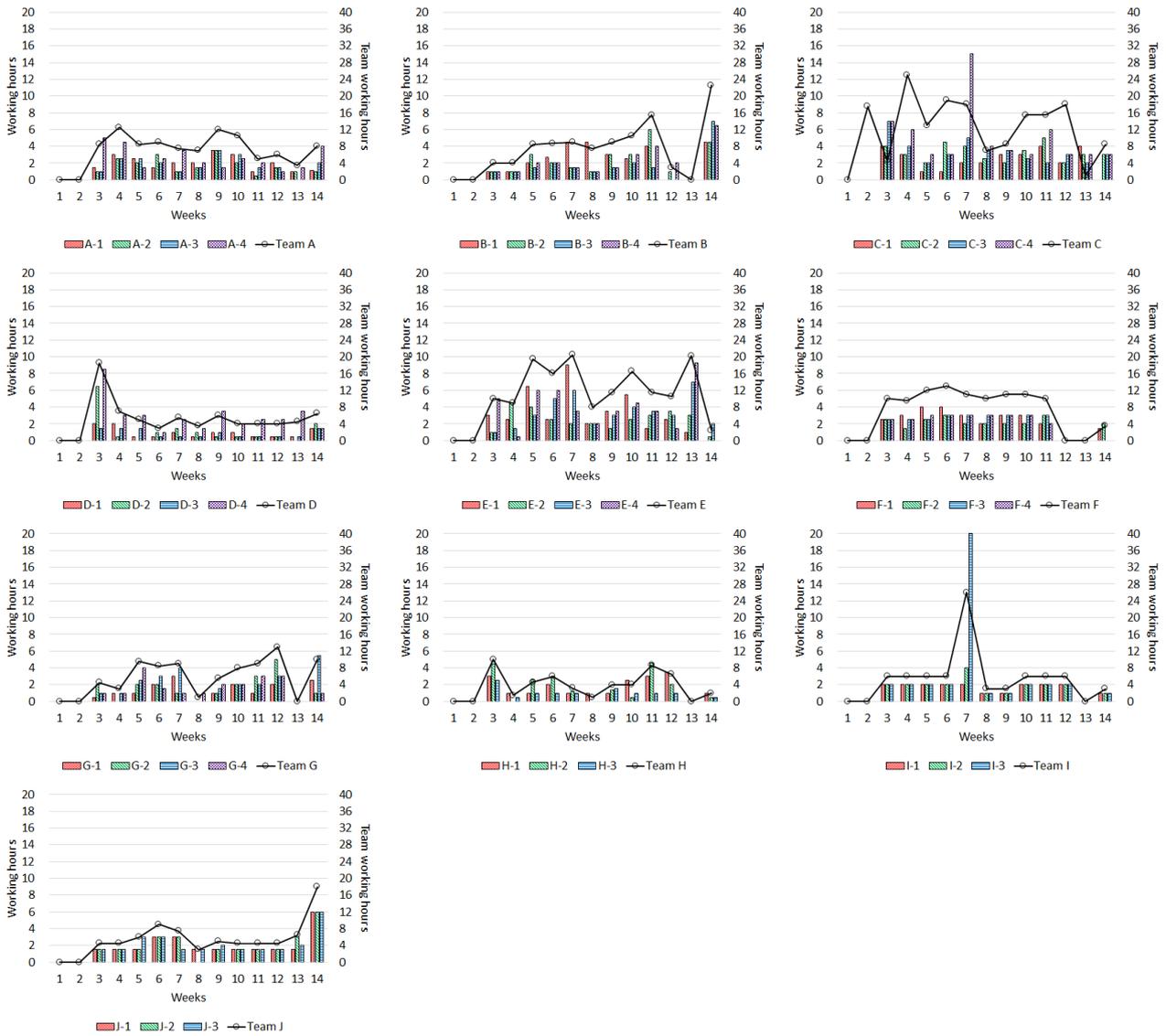


図4 初年度における各週の各チームのメンバー作業時間とチーム作業時間

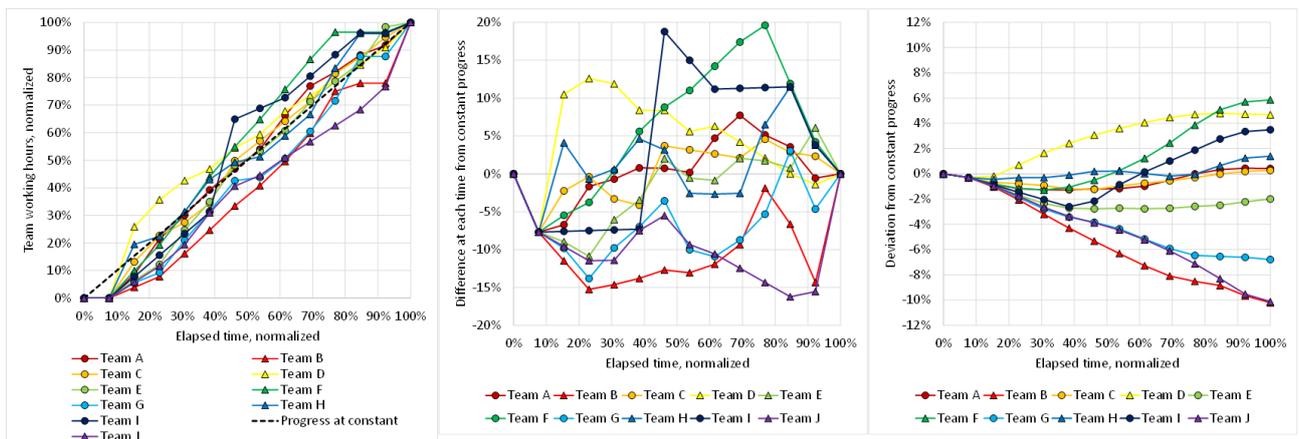


図5 初年度における(左)チーム作業時間積算、(中)各時点におけるチーム作業時間積算の一定進捗からの乖離、(右)各時点におけるチーム余裕

講義週数について第1週を0%、第14週を100%とし、ま

たチーム作業時間を各チームの全作業時間で除すること

で規格化する。これに基づいたチーム作業時間積算の推移を図5左に示す。ここでは一定進捗の場合を破線で示している。また、各時点におけるチーム作業時間積算の一定進捗からの乖離の推移を図5中に示す。正值は一定進捗より作業時間が多いことを示す。さらに、一定割合の進捗に対するチーム作業時間の超過分、即ち、後のチーム作業の停滞をどれだけ許容できるかということの意味するチーム余裕を図6中のチーム作業時間積算の積分 S_2 と一定進捗の場合の作業時間積算の積分 S_1 との差分 $S_2 - S_1$ にて定義する。

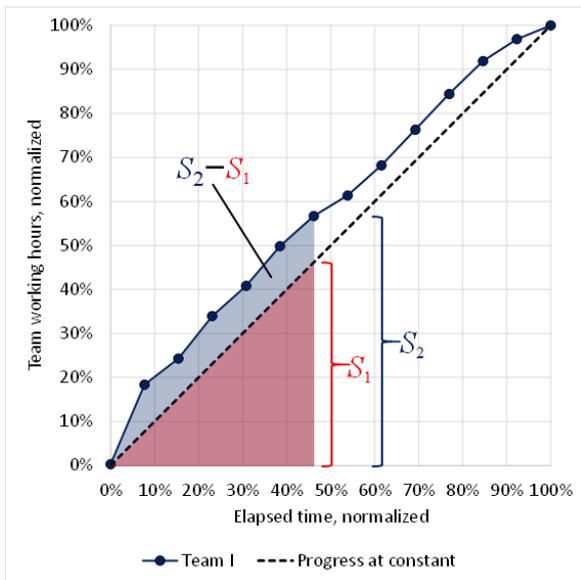


図6 「各時点におけるチーム余裕」の定義

ある時点での正值はその時点までに一定進捗よりも多くの進捗があり、負値は一定進捗よりも少ない進捗しかなかったことを表している。即ち、ある時点で大きな正值であれば以後の進捗が停滞したとしても余裕があり、逆に負値であればこれを一定進捗の程度まで復帰させるには以後に一層大きな進捗が求められることの指標となる。これに基づいて各時点におけるチーム余裕の推移を図5右に示す。

これらより、チーム A・C・E・H は一定進捗からの正負の乖離はありながらも些少であるため、チーム余裕は一定進捗の場合と同程度であることから進捗の緩急は殆ど無い状態で、迷走することなくプロジェクトを完了したであろうと推測される。これに対してチーム B・G・J は殆どの期間で一定進捗以下であり、全期間を通してチーム余裕は負値である。特に第3週～第4週の落ち込みが見られることから、問題点抽出が不良であったために課題設定の方向性

に迷走があったと考えられる。なお、チーム E もまた同様の落ち込みが見られるものの、第4週以降は好転して一定進捗程度まで回復していることから、当初報告会を経て補正できたと見える。また、チーム F・I のように早い段階から進捗が大幅に好転した場合はチーム作業時間積算が一定進捗の場合より良好となるが、チーム B・G のように好転が遅い場合や継続できなかった場合にはそれまでの停滞を補いきれず、チーム余裕は負値のままである。

3.2 改革・第2年度について

3.2.1 概要

受講生は当学域博士前期課程1年生の36名であった。これを4名ずつの9チームに編成し、初年度にプロ演を履修した同2年生をメンターとして配置し、またメンターとりまとめによる管理を行わせた。

進行は初年度とほぼ同じであるが、大きく異なる点がある。まず、第1週の講義で全体テーマ「ポストコロナにおけるシステム」を提示した。主題としては初年度と同じであるが、仮想空間も可として現にコロナ禍にあって先行して今後の新しいライフスタイルの提案を期待して「ポストコロナ」とした。第2週にチーム編成を行い、初年度の最終報告書をチーム毎の一つ選ばせてレビューを行い、第3週にその報告を行うことを新たに導入した。初年度に各チームのプロジェクトの第一歩の確認として問題点抽出を行わせてその確認を行ったが、図5中などを見るにスムーズな踏み出しには必ずしも貢献できていなかったため、その改善に効果があることを期待した。第5週の当初報告会を実施した後、チーム A～D・H・I は第6週、チーム E～G は第7週にそれぞれ1回ずつ、チーム会議に教員が30分程度参加して問題点抽出と課題設定の方向性の確認・指導を個別行った。それ以降は、概ね初年度と同じである。

3.2.2 分析結果

3.1.2 項と同じく、各週での各チームのメンバー作業時間を棒グラフで、その合計であるチーム作業時間を折れ線グラフとして図7に示す。ここで A～I はチーム名を、これに付記する番号はチームメンバーを表す。これより、直ちに以下のことが見受けられる。

- 全チームでメンバー作業時間及びチーム作業時間が大幅に増加している。

● チーム内のメンバー作業時間がほぼ同程度である。
 特筆すべきは、全チームにおいて第2週から作業時間が多くなっていることである。これは初年度の最終報告書のレビューを行うという、現場レベルでの非常に具体的な指示があったことによって、作業が明確化されたためであると考えられる。その後、第3週で一旦落ち込むが、第4週で既に大きく回復している。ただし、第6週または第7週

に実施した教員のチーム会議への参加は全般、作業時間の底上げに貢献している。

さらに、講義週数とチーム作業時間を規格化した上で、図8左にチーム作業時間積算の推移を、図8中に各時点におけるチーム作業時間積算の一定進捗からの乖離の推移を、図8右に各時点におけるチーム余裕の推移を示す。

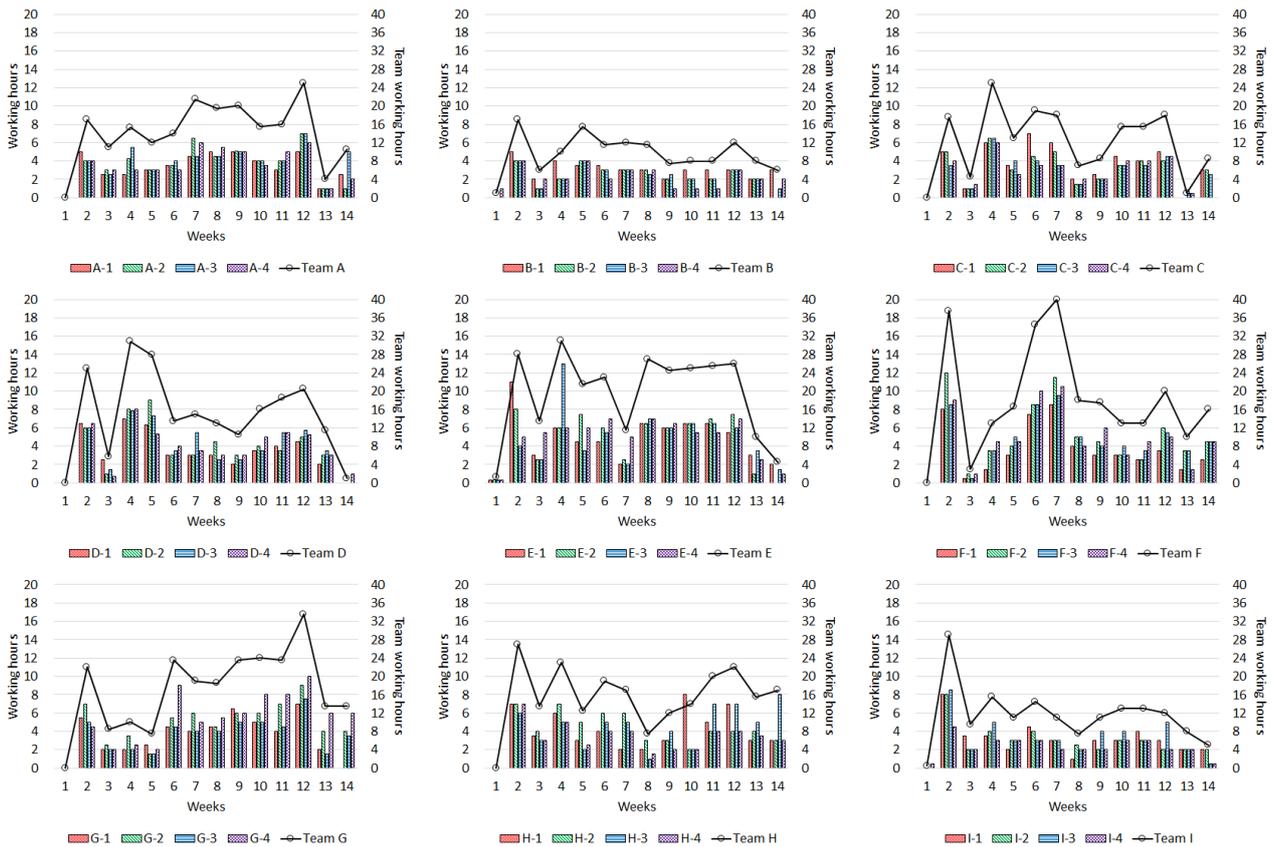


図7 第2年度における各週の各チームのメンバー作業時間とチーム作業時間

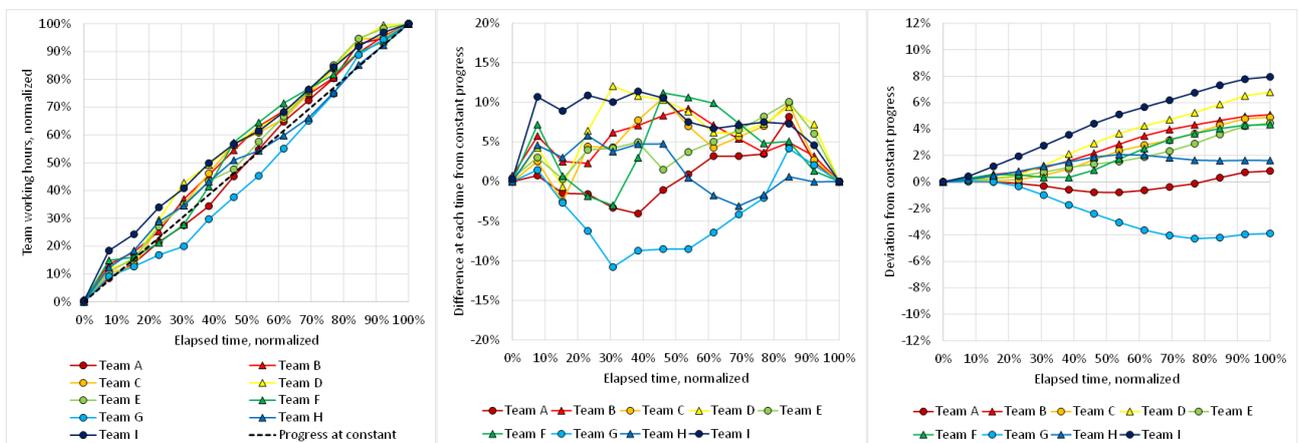


図8 第2年度における左)チーム作業時間積算、中)各時点におけるチーム作業時間積算の一定進捗からの乖離、右)各時点におけるチーム余裕

チーム作業時間は、初年度が全チームで合計 982.9 時間、平均 98.3 時間、標準偏差 35.0 時間であったのに対して、第 2 年度は全チームで合計 1860.6 時間、平均 206.7 時間、標準偏差 42.7 時間となつてはほぼ倍増するとともに、チーム間の差異として、チーム作業時間の平均に対する標準偏差が初年度で 35.6%である一方、第 2 年度で 20.6%と小さくなっている。これは、図 8 左において各チームの推移帯の幅が図5左と比べて小さくなっていることからも見取れる。また、図 8 中よりほぼ全てのチームで一定進捗以上の進捗が見られた。その結果、図 8 右が示すように、ほぼ全てのチームでチーム余裕が確保された。チーム A は前半で若干の迷走があったように見受けられるが、後半に回復している。一方、チーム G は前半での落ち込みが回復せず、後半に持ち直したものの既に遅くチーム余裕は負値に留まった。しかしながら、全期間終了時点のチーム余裕は初年度は 4 チームが負値であったものが、第 2 年度は 1 チームに留まっている。

3.3 評点

各チームは MDR 及び PDR で他チーム学生・メンター・教員から 5 段階評価とコメントによって評価される。各年度の PDR での学生及び教員による評価を図 9 に示す。これを見ると学生と教員の評価は殆ど乖離していないため、以後は学生と教員の違いなく、各チームの評点は全聴講者からの平均とする。

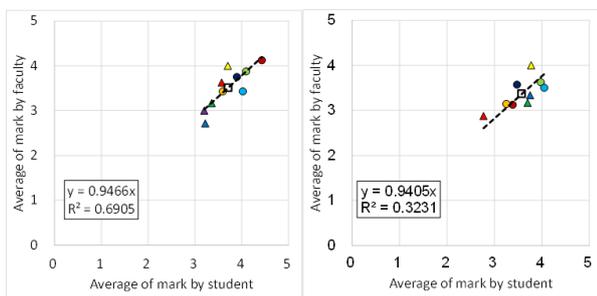


図 9 学生と教員による評価:左)初年度、右)第 2 年度

3.4 2ヶ年度の比較

以上の基本的なデータ及び分析を踏まえて、初年度と第 2 年度を比較する。図 10 に各週での全チームの作業時間の平均とその積算の推移を示す。

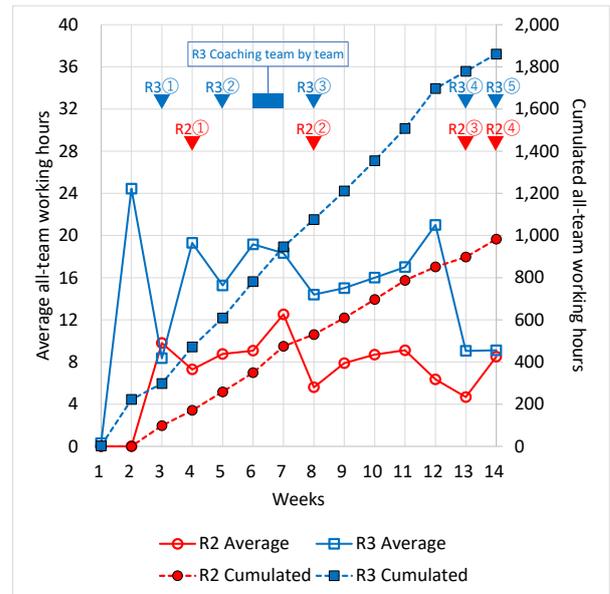


図 10 各週での全チームの作業時間の平均とその積算

図 10 には各報告会の時期と第 2 年度に実施した教員参加のチーム会議の時期も記載している。初年度(R2)に比べて第 2 年度(R3)は各週のチーム作業時間とその全期間での積算が倍増している。また、いずれも各報告会(R2①当初報告会②MDR③PDR、R3①レビュー報告会②当初報告会③MDR④PDR)の前週で突発的に作業量が増加する傾向がある。なお、R2④及び R3⑤は最終報告書の提出を意味している。また、第 2 年度では教員参加のチーム会議(R3 Coaching team by team)がこの作業時間の増加を維持する効果をもたらしていることが伺える。

各チーム内のメンバー作業時間のばらつきとチーム作業時間の相関を見るために、全期間終了後の各チームのメンバー間の作業時間の標準偏差とチーム作業時間を全チームの平均で規格化したものとの分布を図 11 左に示す。両者の相関係数は初年度で 0.36、第 2 年度で 0.21 であることから、両者に相関があるとは言い難いものの、両年度とも全チームの平均程度かつメンバー作業時間の標準偏差が 2~5 時間程度の領域に集まっている。

各チーム内のメンバー作業時間のばらつきと全期間終了後のチーム余裕の相関を見るために、全期間終了後の各チームのメンバー間の作業時間の標準偏差とチーム余裕との分布を図 11 中に示す。両者の相関係数は初年度で 0.50、第 2 年度で -0.58 であることから、両者には緩い相関があるといえる。初年度では正相関であるので、チーム内

の一部のメンバーによってチーム余裕が生まれている。第2年度では負相関であるので、チーム内の全メンバーが同程度の作業時間を費やしてチーム余裕が生まれているといえる。なお、チーム余裕の平均は初年度が-2.59%であるのに対して、第2年度は7.12%であった。

各チーム内のメンバー作業時間のばらつきとチームの評点の相関を見るために、全期間終了後の各チームのメ

ンバー間の作業時間の標準偏差と評点との分布を図11右に示す。両者の相関係数は初年度で0.36、第2年度で0.12であることから、両者には相関があるとはいえない。即ち、メンバー作業時間のばらつきはチームの評点に影響を及ぼさないか、或いは評点は年度内での相対評価であることから年度間の比較は意味を成さないものである可能性がある。

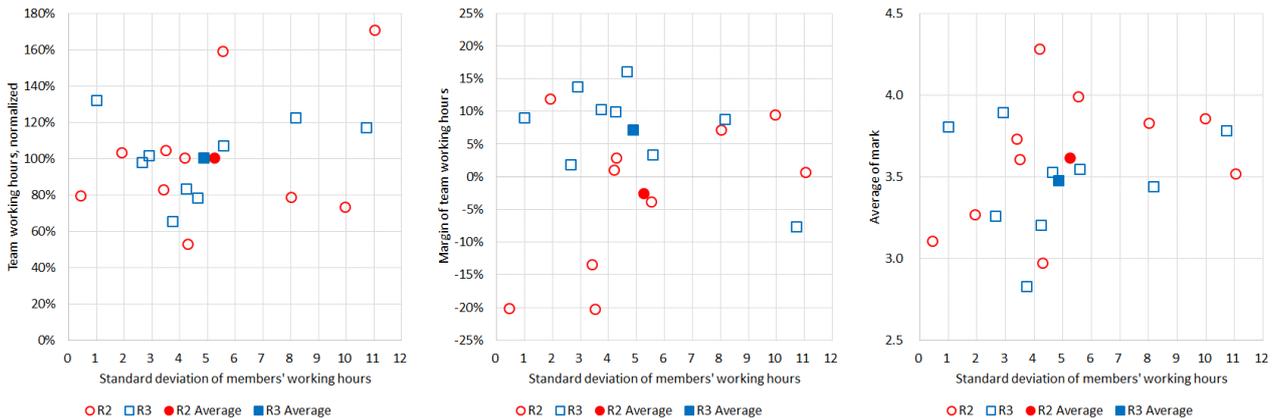


図11 全期間終了後の各チームのメンバー間の作業時間の標準偏差に対する左)規格化されたチーム作業時間、中)全期間終了後のチーム余裕、右)各チームの評点

4. 考察～チームの活性化を評価する指標の提案

以上より、初年度に比べて第2年度はチーム作業時間とメンバー作業時間がともに増大し、また全チームの作業時間積算のばらつきは縮小した。即ち、第2年度は、冒頭で述べたPBL型授業の目的に到達することに好ましい状況になっている。

ここで、チーム作業時間が増大することはチームの活性化を表すといえるが、これが全体に及んでいるのか、或いは一部のチームに留まっているのかを簡便かつ定量的に適切に評価する指標が欲しいところである。この指標として「ジニ係数」を導入する。ジニ係数の本来の用途とは異なるが、単年度において全チームの全作業時間が各チームに分配されたと考える。これによってジニ係数は、全チームが全く等しい作業時間であった場合には0となる一方、偏りが顕著になるにつれて値が大きくなり、遂には唯一つのチームが作業を行った場合には1となる。

全チームの全作業時間は3.2.2項にも記載の通り、初年

度が982.9時間、第2年度が1860.6時間である。各チームのチーム作業時間をこの全作業時間で除したものを昇順でプロットしたものがローレンツ曲線となる(図12左)。なお横軸については、初年度及び第2年度はそれぞれ10チーム及び9チームであるので、0~100%を10等分及び9等分とした。これよりジニ係数は初年度で0.188、第2年度で0.118と求めることができる。また、各チーム内のメンバーについて同様にジニ係数を求めたものが図12右である。両年度のチーム作業時間の差をウェルチのt検定によって帰無仮説「R2とR3でチーム作業時間の母集団平均は等しい」に対して検討した結果、t値=-2.14633に対してP値(片側)=0.023287、t境界値(片側)=1.739607であることから帰無仮説を棄却、即ち有意水準5%で有意差があった。従って、チームメンバーの作業時間のばらつきが有意に縮小された。さらに全チームのチーム内メンバーに関するジニ係数の平均は初年度が0.107、第2年度が0.049であって、同様の検討からチーム作業時間のばらつきもまた有意に縮小された。チームと各チーム内のメンバーに関してジニ係数が小さくなっていることから、いずれも初年

度に比べて第2年度は均等配分に近付いており、これはチーム作業時間及びメンバー作業時間のばらつきが縮小していることを表す。また、チーム作業時間及びメンバー作業時間はともに第2年度で増大していることから、これらを合わせて鑑みればチーム活動が活性化しており、その場合にはチーム作業時間とメンバー作業時間のばらつきが縮小することが分かった。

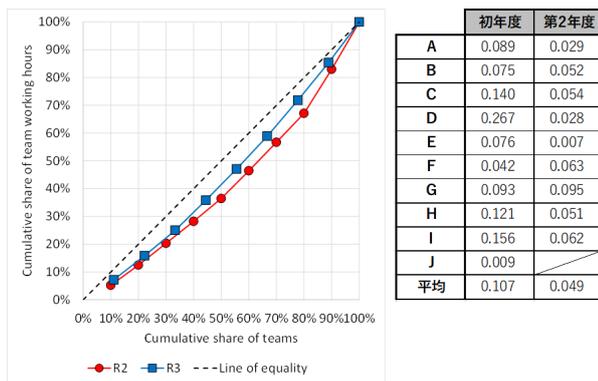


図12 左)作業時間に関するローレンツ曲線、
右)各チームのジニ係数

以上より、チーム作業時間とメンバー作業時間を逐次記録することで適時、ジニ係数を求めることができ、全チーム及びチーム内メンバーが全体的に活性化しているのか、或いはそれが一部に留まるのかということの評価することができる。これは、顕著な活性化が見られないチームやチームメンバーを定量的に顕在化させ、テコ入れの必要性を判断する指標となる。

5. まとめ

PBL型授業における有効なチーム教育の実現に向けて、本学で提供する「研究プロジェクト演習(4)」について2年度間の分析をチーム及びチームメンバーの作業記録をもとにして作業時間、一定進捗からの乖離、及びチーム余裕の指標を以って分析した結果、第2年度では初年度の最終報告書のレビューを行うことを導入することと報告会の実施回数を増やしたことによって、スムーズなプロジェクト開始と作業時間の増加が見られた。また、チームの活性化を評価するための指標としてジニ係数を導入し、これを初年度と第2年度のチームとチームメンバーの作業時間に適用した結果、初年度に比べて第2年度は一定進捗に

近付き、チーム作業時間及びメンバー作業時間のばらつきが有意に縮小した。本論文の手法によって、チーム及びチーム内メンバーの活性化の度合いを定量的に把握することができ、例えば進捗に問題があるチームやチームメンバーに対して個別に指導を行うことの必要性を判断することができるようになる。

参考文献

- Enck, R. E. (2012). The OODA Loop. *Home Health Care Management & Practice*, 24(3):2.
- 藤井文武・平尾元彦. (2010). 社会人基礎力を高める授業の実践: 産学連携PBL授業「アクティブラーニング」の取組. *大学教育*, 7, 23-34.
- 泉耕二. (2021). システムデザイン論—新たな lifestyle の提案. 自費出版.
- 上越教育大学. (2017). 平成28年度総合的な教師力向上のための調査研究事業: 今日的な教育課題を解決するためのPBL型授業モデルの構築. 文部科学省.
- 神武直彦・前野隆司・西村秀和・狼嘉彰. (2010). 学問分野を超えた「システムデザイン・マネジメント学」の大学院教育の構築. *Synthesiology*, 3(2), 112-126.
- 齊藤滋規・坂本啓・竹田陽子・角征典. (2017). エンジニアのためのデザイン思考入門. 翔泳社.
- 東京都立大学. (2021). 研究プロジェクト演習(4). http://www.kyouikujouhou.eas.tmu.ac.jp/syllabus/2021/5/5/2021_52_T0006.html
- 宇宙航空研究開発機構(JAXA). (2017). システムズエンジニアリングの基本的な考え方. <https://ssl.tksc.jaxa.jp/isasse01/kanren/BDB/BDB06007BSEkihon.pdf>

著者紹介

岡野仁庸

2010年 首都大学東京システムデザイン学部、2012年 首都大学東京大学院博士前期課程修了。博士(修士)。2009年より3年間特別共同利用研究員としてJAXA 宇宙科学研究所に所属。2012年 日本電気航空宇宙システム株式会社入社、2013年より日本電気株式会社宇宙システム事業部に転属、

現在に至る。衛星システムの設計・開発に従事。2018年より社会人博士として東京都立大学大学院博士後期課程航空宇宙システム工学域に所属、研究テーマはシステムズエンジニアリング。日本航空宇宙学会会員、INCOSE、各会員。

古本政博

2014年九州大学工学部卒、2018年九州大学大学院博士後期課程修了。博士（工学）。日本学術振興会特別研究員を経て2019年より東京都立大学システムデザイン学部助教、現在に至る。宇宙ごみの軌道シミュレーションとその低減策に関する研究開発に従事。日本航空宇宙学会、日本機械学会、各会員。

大島草太

2015年立命館大学理工学部卒業、2020年東京農工大学大学院博士後期課程修了。博士（工学）。2020年より現職・助教、現在に至る。先端複合材料を中心とした航空宇宙材料・構造に関する研究開発に従事。日本航空宇宙学会、日本複合材料学会、日本材料学会、日本機械学会、各会員。

竹中秀樹

2008年東京高等専門学専攻科卒、2014年電気通信大学大学院博士後期課程修了。博士（工学）。2010年情報通信研究機構技術員、研究員を経て、2021年より現職、助教、現在に至る。宇宙光通信をはじめとした空間光通信、量子通信に関する研究開発に従事。電子情報通信学会、日本航空宇宙学会、各会員。

佐原宏典

1994年京都大学工学部卒、1999年東京大学大学院博士後期課程修了。博士（工学）。2000年より科学技術庁航空宇宙技術研究所（NAL、現JAXA）特別研究員、2004年より東京大学大学院産学官連携研究員、2008年より現職・准教授、2016年同・教授、現在に至る。革新的宇宙システムとその利用法の創出に関する研究開発に従事。日本航空宇宙学会、日本機械学会、日本設計工学会、アメリカ航空宇宙学会（AIAA）、各会員。特定非営利活動法人大学宇宙工学コンソーシアム（UNISEC）理事。