

論文の内容の要旨

論文題目 Implementation of Flying Robot Projects in Aircraft Design Education
 and its Evaluation of Effectiveness

(飛行ロボット活動の航空機設計教育への応用とその分析に関する研究)

氏 名 木村 壽里

近年の大学における工学教育に対する要請と学習者を中心とする教育活動の発展から航空機設計教育の変革が求められている。本研究では、無人飛行機の開発を利用した航空機設計教育の一つとして、飛行ロボット活動を応用した航空機設計教育を設計し、学習者を中心とする学習活動の教育効果を明らかにすることを目的とする (Chapter 1)。

飛行ロボット活動を応用した教育コンテンツを作成するにあたり、文献調査、アンケート調査、およびインタビュー調査によって、航空機産業におけるステイクホルダーの、飛行ロボット活動を応用した航空機設計教育に対する要求を明らかにした。本調査によって、飛行ロボット活動のように実践的な航空機開発に関する活動を通して、航空工学の知識を論理的に現実問題に応用する力が必要であることが明らかにされた。同時に、そのような問題にチームで対処するためのコミュニケーション能力やチームワーク経験が必要であることが明らかになった。これらを基に、航空機産業におけるステイクホルダーからの飛行ロボット活動を応用した航空機設計教育に必要とされるべき特徴を作成している (Chapter 2)。

続いて、航空工学を学ぶ大学生に対しどのように飛行ロボット活動が貢献し得るかを議論する．初めに、本研究における教育実施対象である飛行ロボットプロジェクト受講生の設計経験をフィールドワーク、アンケート調査、インタビュー調査、ビデオ観察によって明らかにした．また量的調査によって、設計に対する意識を航空宇宙工学科に属する学生および、無人航空機の国内最大の学生大会である飛行ロボットコンテストの参加学生と比較した．これらの結果、本プロジェクトの受講生は航空宇宙機に関する設計経験が少なく、また他の生徒群と比較して、PrototypingやIteratingのように知識を実践的な工学設計に応用することについて意識が低かった．また同時に受講生は設計に対する自信についても他の群に比べ不足していることが明らかになった．これらを前章の結果と組み合わせ、本研究の目的とする航空機設計教育に対する要求を作成した．

(Chapter 3) .

作成された要求を基に、Backward Design によって飛行ロボットを学生チームによって開発するプロジェクトを設計した。まず、前章における研究結果を飛行ロボットの開発フローと組み合わせて学習目標、プロジェクトの統括的評価に対する基準を作成した。これらを満たす学習活動として、従来の教師中心となる客観主義に基づいた教授活動 (Objective Intervention) と、構成主義に基づいた生徒中心となる教育活動 (Constructive Intervention, Experiential Intervention) を設計した。Objective Intervention では飛行ロボットの概念設計の段階で、先に航空工学の基礎および初期三面図に十分な時間をかけて、生徒の理解を先に促す。その後、初期三面図をチームごとに作成させ、設計解に対しスタッフを交えてフィードバックを行うものである。これらに対して、構成主義に基づいた教育プログラムを提案する。本教育プログラムでは Kolb の学習サイクルをベースに、先に生徒に具体的な活動を経験させた後、経験者であるスタッフを交えた Discussion を通して、事象の理解を促進させる手法をとる。まず Constructive Intervention では、生徒の実践に基づく航空工学の理解を目的とする。そのため、生徒が自学するに十分な質と量の学習資料 (Handouts) を予め配布し、これに従って各チームに三面図作成を行わせる。事前の航空工学の基礎講義および初期三面図作成の講義は実施するが、用語についての説明や資料の使い方についての説明のみにとどめ、講義内での理解は求めない。代わりに、生徒が三面図の初版を作成した後のフィードバックと Discussion に授業時間の多くを費やす。これらの作業を繰り返し行わせることで、設計のイタレーションを経験させ、その中で航空工学に対する生徒の理解を促進させることが要点である。また、Experiential Intervention については Constructive Intervention と同様の生徒主体のイタレーションによる図面作成を主軸に置くが、さらに事前に、ラジコンキットをチームで作成し飛行試験を行わせる、破壊試験をチームで計画し実施させる、といったグループワークの要素をさらに増やしたものである。これら構成主義を基盤とした教育が、初めの教師中心の教授活動とどのような差異をなすかを議論する (Chapter 4) .

設計した教育プログラムを実施した20チームの結果について以降の章で議論を行う。まず、生徒の設計活動過程を作成された三面図の変遷を基に本章で議論する。実施された教育プログラムは学期によって異なった状況要因を含むため、全ての図面に対して一貫した評価を行うために、評価基準を作成する。評価基準は11チームの作成した図面と、その図面に対する Discussion のビデオ記録および図面の添削文から作成した。まず、ビデオ記録と添削文を意味ごとに分割し、分類法によっていくつかの群に分け、群ごとに評価項目を作成する。作成された評価項目を基に、本研究対象である20チームの各図面に評価点を付け、教育プログラムごとに比較した。客観主義に基づく活動、構成主義に基づく活動の双方において、図面作成のイタレーションを繰り返すことで、評価点の向上が見られた。一方で双方の図面の評価点に有意な差は見られなかった。一つの要因は

くObjective Interventionの受講生は他の生徒と比較して、特に航空機に対する既有知識の豊富な生徒が多かった。これにより、構成主義による教育効果の向上が見かけ上隠されてしまっていると考えられる。すなわち、構成主義による教育プログラムは既有知識に欠ける学習者に対して、同程度の期間に、より経験ある生徒と同等の設計解を作成することができたと考えることができる（Chapter 5）。

続いてプロジェクト全体の受講生の活動に対する評価について議論する。本章では、受講生による自己評価とスタッフによる統括的評価を基に説明した。まず、生徒の自己評価について、プロジェクト最後の発表会のビデオ記録および、終了時に実施したアンケート結果を基に議論する。得られた自己評価文を意味ごとに分割し、分類法によって分類し、教育プログラムごとに集計し、比較した。結果、構成主義に基づいた教授活動の受講生群は、特に設計について有意に向上したと自己評価していることが明らかになった。対して、チーム活動については有意な差は見られなかった。Objective InterventionおよびConstructive Interventionの双方は設計活動に対する意識を主軸に構成されており、この結果は本来の教育目的に一致する。Constructive Interventionについてさらに詳細に分析した結果、事前にグループ活動を増やしたExperiential Interventionの受講生については、他の受講生群と比較して、チーム活動に対する有意な差が見られた。同時にこの群は設計に対する自己評価の中でも特に、設計を実践に応用することに対する意識が高く、これは本研究で作成した教育目的に合致する。次に、スタッフによる統括的評価について議論する。統括的評価はChapter 4 で作成された評価基準を元に実施した。教育実施期間中、スタッフは生徒の活動を、授業時だけでなく、時間外活動の立会いや、メールや電話による質問対応を通して観察し、生徒の活動の全過程を総合的に判断して評価項目ごとに評価点を付ける。作成された評価点を教育ごとに比較した結果、構成主義に基づく学習活動の受講生群については、設計、チーム活動双方において、客観主義に基づく教授活動の受講生群と比較して、平均値で勝るものの、統計的に有意な差は見られなかった。この要員としては、先に取り上げた既有知識の差異が考えられる。また同時に、スタッフの評価は生徒の行動に対する観察に基づくものであり、生徒の自己意識を直接測定したものではない。例えば、製作に失敗した学生は自身の行動を反省した結果、設計に意欲を示す場合があるが、対するスタッフの評価は製作結果を加味してやや低い点数が付けられる。また、生徒が自身の考えを外部からの要員によって棄却する場合も存在する。そのため、スタッフによる外部評価を生徒の自己評価と共に議論することの重要性もこの2種類の評価結果は示唆している。自己評価については設計に対する有意な差が存在するため、Constructive Interventionは特に設計についての教育効果の向上に対して有効であると判断する。また、構成主義に基づく教育の結果をさらに分析した結果、特にExperiential Interventionについては設計に対する評価点について客観主義に基づく教授活動と比較して有意な差が見られた。本研究はこれら特徴的な結果を出した活動の生徒母数は十分ではないため、本研究で見出

された特に効果のあった群を基盤として、さらに研究が進められることが期待される (Chapter 6) .

本研究は、航空機産業におけるステイクホルダーからの要求、飛行ロボット活動に参加する生徒の既有知識を明らかにしたうえで、教育設計法に基づき従来の教師中心の教授活動と構成主義に基づく生徒中心の学習活動を設計した。設計した構成主義に基づいた学習活動は、既有知識の十分でない生徒に対しても、経験ある生徒と同程度の飛行ロボットについての設計解を作成させることができ、生徒のチームによる設計に対する意識の向上についても有効であると判断できる。一方で、生徒による自己評価とスタッフによる統括的評価には差異が見られるため、生徒と教育者が一貫して学習目標に向かう教育活動もまた必要であると考えられる。また、Experiential Interventionには設計およびチーム活動の双方について、さらに有効な教育効果が観測されている。これらは母数が十分ではないため、今後の研究の進展が期待される。本研究は一連の飛行ロボット教育活動の設計方法を学習目標と評価方法の定義から評価の実施まで含めて体系的に構築した。本研究の設計フローを基に、特に教育効果の高かった活動を発展させて、さらに新しい航空機設計教育が実施されることが期待される (Chapter 7) .