レッスンの焦点

このレッスンでは、航空管制システムの工学に焦点を置きます。生徒はチームで、レーダーの原理、および、工学装置を組み合わせて航空管制官にデータを提供する方法について学習します。航空管制官はこれらのデータに基づいて、安全な機間距離を維持し、また、時刻表どおり効率的に離着陸させます。生徒はチームに分かれて、仮想航空管制システム用に生成されたデータを評価し、指定空域で 3 機の航空機を安全に航行させるための計画を立てます。テスト終了後、現行システムに対する工学的改善点を提案します。

レッスンの概要

「航空管制」では、レーダーおよび航空管制システムの工学と原理について学習します。生徒は、レーダーとコンピュータ技術を使って重要データを管制官に効率的に提供する方法について探究します。また、現行の航空管制システムを評価し、技師のチームとして管制業務をシミュレートし、レーダーと管制官の間の工学インターフェイスを改善するためのガイドラインを作成します。

年齢

11-18 才。

目的

- レーダーについて学びます。
- 航空管制技術について学びます。
- システム工学について学びます。
- チームワークとグループ作業について学びます。

習得内容

この学習で生徒は以下についての理解を深めます。

- レーダーおよび航空管制技術
- 問題解決
- チームワーク

レッスン内容

生徒は、レーダーおよび航空管制システムの工学と原理が航行に及ぼす影響について学びます。生徒はチームに分かれて、レーダーとコンピュータ技術を使用して、現行の航空管制システムを評価し、管制業務をシミュレートし、レーダーと管制官の間の工学インターフェイスを改善するためのガイドラインを作成します。

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

リソース / 教材

- 教師用リソース文書(添付)
- 生徒用ワークシート(添付)
- 生徒用リソース シート(添付)

教科課程枠組みとの調整

添付されている教科課程の調整用シートをご覧ください。

インターネットでの参照資料(英語)

- TryEngineering (www.tryengineering.org)
- Air Traffic Simulator (www.atcsim.nasa.gov/)
- NASA Future Flight Design (https://www.nasa.gov/audience/foreducators/5-8/features/F_Future_Flight_Design.html)
- Air Traffic Control System Command Center (www.fly.faa.gov/flyfaa/usmap.jsp)
- Listen to live air traffic controllers (www.liveatc.net/topfeeds.php)
- International Civil Aviation Organization (www.icao.int)

推奨文献(英語)

- 『Fundamentals of Air Traffic Control』(ISBN: 0534393888)
- 『Organizational Simulation (Wiley Series in Systems Engineering and Management)』(ISBN: 0471681636)

追加の課題

高学年の生徒に対しては、Microsoft Flight Simulator ソフトウェア (www.microsoft.com/games/pc/flightsimulatorx.aspx)を試させることを検討してください。

任意の作文

- 航空管制における工学の進歩が世界経済に及ぼした影響について簡単な作文を書きます。航空機でより多くの人と物をより効率的に運ぶための能力について、考察します。

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

教師用:
教科課程枠組みとの調整

注意:このシリーズにおけるすべてのレッスン プランは、全米教育評議会により設定された*全米科学教育基準*に準じ、科学教育者協会により推奨され、また該当する場合には国際技術教育学会による技術能力基準または国立数学教師評議会による学校数学の目標と規準に準じるものです。

◆学校数学の目標と基準

数値と演算に関する基準
この学習により、生徒全員は以下を習得します。
- 数字、数字を表す方法、数字と数字の関係、数体系を理解します。
- すらすらと計算し、適切な推定を行います。

関係に関する基準
この学習により、生徒全員は以下を習得します。
- 数学的考えを互いに連携させて積み重ね、理路整然とした全体を作り出す方法を理解します。
- 数学の範囲外の状況を認識して数学を適用します。

◆全米科学教育基準 学年 5-8 (年齢 10-14 才)

教材基準 A: 疑問としての科学
この学習により、生徒全員は以下を習得します。
- 科学的な質問をするために必要な能力
- 科学的な質問の理解

教材基準 B: 物理学
この学習により、生徒全員は以下についての理解を習得します。
- 運動と力

教材基準 E: 科学技術
5-8 学年における学習の結果、生徒全員は以下を習得します。
- 技術設計能力
- 科学技術についての理解

教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学
この学習により、生徒全員は以下を理解します。
- 社会における科学技術

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

教師用:
教科課程枠組みとの調整(続き)

◆全米科学教育基準 学年 9-12 (年齢 14-18 才)

教材基準 A: 疑問としての科学
この学習により、生徒全員は以下を習得します。
- 科学的な質問をするために必要な能力
- 科学的な質問の理解

教材基準 E: 科学技術
この学習により、生徒全員は以下を習得します。
- 技術設計能力
- 科学技術についての理解

教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学
この学習により、生徒全員は以下を理解します。
- 地域、国、世界レベルの課題に対する科学技術

◆技術能力の基準 - 全年齢層

技術の本質
- 基準 1: 生徒は技術の特性と範囲についての理解を養います。
- 基準 2: 生徒は技術の中心概念についての理解を養います。
- 基準 3: 生徒は技術分野間および技術と他分野との関係についての理解を深めます。

技術と社会
- 基準 4: 生徒は技術の文化的、社会的、経済的、政治的な効果についての理解を深めます。
- 基準 6: 生徒は技術開発と使用における社会の役割についての理解を深めます。

設計
- 基準 9: 生徒は技術設計についての理解を養います。
- 基準 10: 生徒はトラブルシューティング、研究開発、発明と革新、および問題解決における実験の役割についての理解を養います。

技術社会に対応する能力
- 基準 12: 生徒は、技術的な製品およびシステムを使用および保守する能力を養います。
- 基準 13: 生徒は製品とシステムの影響を評価する能力を養います。

技術社会
- 基準 17: 生徒は情報技術と通信技術についての理解を深め、これらを選び使用する能力を養います。
- 基準 18: 生徒は輸送技術についての理解を深め、これらを選び使用する能力を養います。

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

教師用:
教師用リソース

◆ レッスンの目標

「航空管制」では、レーダーおよび航空管制システムの工学と原理について学習します。生徒は、レーダーとコンピュータ技術を使って重要データを管制官に効率的に提供する方法について探究します。また、現行の航空管制システムを評価し、技師のチームとして管制業務をシミュレートし、レーダーと管制官の間の工学インターフェイスを改善するためのガイドラインを作成します。

◆ レッスンの目的

- レーダーについて学びます。
- 航空管制技術について学びます。
- システム工学について学びます。
- チームワークについて学びます。

◆ 教材

- 生徒用リソース シート
- 生徒用ワークシート
- インターネット接続環境またはコンピュータ利用環境(PC または Mac。最新バージョンのブラウザを推奨)。

◆ 手順

1. 生徒に生徒用参照シートを数枚配ります。これらはクラスで読むか、または宿題として読むように事前に渡します。生徒を 2-3 人の「工学チーム」のグループに分けます。
2. 生徒は、航空管制で使用されている工学と技術について理解しています。生徒はチームに分かれて、米国の第 33 空域の航空管制業務を仮想的に引き継ぎます。生徒が NASA のシミュレータ(www.atcsim.nasa.gov)を使用して、航路や速度の変更計画を立てます。具体的には、カリフォルニア州のモデスト空港に到着する 3 機の航空機が互いに 3 海里離れて飛行するように整列させます。また、時間が重要なので、最後の航空機をできるだけ早く到着させる必要があります。さらに、各機を 2 海里以上離す必要があります。
3. 生徒がチームごとに集まり、航空機の航路と速度に関する計画を立てます。
4. 次に、チームで、計画内容をシミュレータでテストします。各チームで 4 回テストし、所要時間が最も短かった回のデータを記録します。
5. 各チームが結果を評価し、工学チームとして、レーダーと管制官の間の現行インターフェイスに対する改善点を洗い出します。たとえば、どの航空機を最初に着陸させるかに関する基準を検討します。例としては、搭乗人数が最も多い航空機、燃料残量が最も少ない航空機、乗り継ぎ時間に余裕のない乗客が多い航空機、などが考えられます。
6. その後、各チームが評価/感想ワークシートに記入し、航空管制改善計画をクラスで発表します。

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

生徒用リソース:
航空管制システムの技術

◆ 航空管制の説明
航空管制とは、地上の管制官が地上および飛行中の航空機に指示を出すことです。管制官の主な仕事は、航空機どうしが接近しすぎないように、左右、上下、前後の距離(きょり)を十分確保することです。その他の仕事としては、航空機を手際よく整列させることや、気象情報、航行情報、NOTAM (危険要因の存在を操縦士に警告する情報)などを操縦士に伝えることなどがあります。

◆ 技術の重要性
航空交通を目視で管理することもありますが、航空管制システムではさまざまな技術が使用されています。一次レーダーと二次レーダーを使用することにより、担当空域における管制官の「状況(じょうきょう)認識」レベルが向上します。なぜなら、どの種類の航空機も、レーダーから送信された電波が外板にぶつかったときに、さまざまな大きさの一次エコーを管制官の画面に送り返すからです。また、トランスポンダを搭載(とうさい)している航空機は、二次レーダーから送信された質問信号に対して、識別番号、高度、一意のコールサインなどを送信することによって応答します。さらに、特定の種類の気象情報をレーダー画面に表示するよう、設定することができます。各レーダーからのデータが互いに関連付けられ、空の状況が表示されます。また、対地速度や磁針向首方向の計算など一部の基本処理が、レーダー航跡(こうせき)に対して実行されます。最新の管制システムでは、飛行計画データとの相関関係も表示されます。

◆ レーダーの仕組み
レーダーとは、電磁波を使って移動物体および静止物体(航空機、船、自動車、雨粒(つぶ)、雪片、地形など)の範囲(はんい)、高度、向き、または速度を特定するシステムのことです。送信装置から電波が放射され、その電波が目標物に当たって反射すると、受信装置によって検出されます。通常、送信装置と受信装置は同じ場所にあります。通常、戻(もど)ってくる無線信号は微弱(びじゃく)ですが、簡単に増幅(ぞうふく)できます。レーダーはさまざまな用途(ようと)で使用されています。たとえば、降水の検出、航空管制、スピード違反(いはん)車両の探知、軍事目的などです。レーダー(RADAR)という用語は Radio Detection and Ranging (無線探知測距)の頭字語であり、1941 年に作られました。以前はイギリスで作られた RDF (Radio Direction Finding: 無線方向探知)という頭字語が使用されていましたが、この米国生まれの用語に置き換(か)わりました。

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

生徒用リソース:
航空管制システムの技術(続き)

◆ 距離の測定

ある物体との距離を測定する方法の 1 つは、無線信号の短いパルスを送信(電磁放射)し、反射した無線信号が戻ってくるまでの時間を測定することです。距離は、「往復時間 × 信号速度 ÷ 2」で求められます。2 で割るのは、信号は目標物に届いた後受信装置に戻ってくるからです。電波は光速(300,000,000 m/秒)で伝わるので、正確な距離を測定するには高性能な電子装置が必要です。ある物体との距離を測定するもう 1 つの方法は、周波数変調を使用することです。2 つの信号の周波数を比べる方法では、古い電子装置を使用した場合でも、信号の往復時間を測定する方法に比べて精度が大幅(おおはば)に向上します。戻ってきた信号の周波数を変更(へんこう)し、元の信号の周波数と比べることにより、差を簡単に測定できます。この方法は持続波レーダーで使用できます。また、航空機のレーダーに搭載されている高度計でもよく使用されています。

◆ レーダーの有効範囲

航空管制センターでは広い空域の管制を行うので、通常長距離レーダーを使用します。長距離レーダーでは、レーダー アンテナから 370 km 以内にある航空機を捕捉(ほそく)できます。米国の管制システムでは、米国の航空機の 90% 以上がレーダーで捕捉されています。高い高度を飛行している航空機も捕捉されています。複数のレーダー システムで捕捉されていることもあります。航空管制センターでは、多数のレーダー システムを使って担当空域の航空機を捕捉する必要があります。このため、管制官に大量のデータが提供されることになります。この問題に対処するため、管制官に提供されるレーダー データを自動的に整理するシステムが開発されました。これにより、重複データが除去され、各地域に最適なレーダーからデータが提供され、データがわかりやすい形で表示されます。Airservices Australia や Alaska Center など一部の航空管制機関では、監視(かんし)機能の 1 つとして放送型自動従属監視(ADS-B)を導入しています。この新しい技術は、レーダーの概念(がいねん)を一変させるものです。レーダーのようにトランスポンダに質問信号を送信して目標物を探すのではありません。ADS では、航空機からその位置情報が 1 秒間に数回送信されます。ADS には他のモードもあります。たとえば「契約(けいやく)」モードでは、あらかじめ決められた時間間隔(かんかく)で航空機から位置情報が送信されます。ADS が重要なのは、レーダー システムの土台を構築できない場所(水上など)で使用できるからです。現在では、コンピュータ処理されたレーダー画面の一部に、ADS データを表示できるようになっています。この ADS 技術が進歩すれば、大洋での航空管制手順が最新化され、この技術が活用されるようになります。

◆ 地球規模の航空管制

全地球航空交通管理(GATM)とは、衛星を使用して通信、航行、監視、および航空交通管理を行う考え方のことです。米国の連邦(れんぽう)航空局(FAA)および国連の専門機関である国際民間航空機関(ICAO)が、GATM 規格を策定しました。これは、世界中の空域がますます混雑している状況下で航行の安全性と効率性を確保するためです。GATM により管制官を効率的にサポートする新しい技術を導入する取り組みが世界中で進められています。Airservices Australia ADS-B は、この分野における主要な導入プログラムの 1 つです。

TryEngineering 所属 IEEE による作成 www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

生徒用ワークシート: 航空管制におけるレーダーの使用

みなさんは技師のチームとして、「現行の航空管制システムを実際に自分で使って評価し、航空管制をより安全かつ効率的にするための工学的改善点を提案する」という課題を与えられています。

◆ 準備段階

1. 生徒用参照シートを読みます。

◆ 調査段階

1. みなさんは、管制官によって使用されている工学と技術について理解しています。ここからは各チームで、NASA のシミュレータ(www.atcsim.nasa.gov)を使用して、米国の第 33 空域の航空管制業務を仮想的に引き継(つ)ぎ、航路や速度の変更計画を立てます。具体的には、カリフォルニア州のモデスト空港に到着(とうちゃく)する 3 機の航空機が互いに 3 海里離(はな)れて飛行するように整列させます。また、時間が重要なので、最後の航空機をできるだけ早く到着させる必要があります。さらに、各機を 2 海里以上離す必要があります。
2. チームごとに集まり、航空機の航路と速度に関する計画を立てます。

◆ シミュレータ段階

1. 計画内容を実行するため、シミュレータでテストします。チームで 4 回テストし、かかった時間を以下の空欄(くうらん)に書いてください。

	所要時間	方法	観察結果
1 回目			
2 回目			
3 回目			
4 回目			

◆ 評価/提案段階

1. 次に、チームの結果を評価し、レーダーと管制官の間の現行インターフェイスに対して「工学チーム」として推奨(すいしょう)する改善点について話し合います。みなさんはおそらく、どの航空機の速度を調整するかを決めるにはさらに情報が必要であることや、航空管制の安全性または効率を高めるにはソフトウェア技師がプログラミングできる各種のツールが必要であることを感じたでしょう。たとえば、燃料残量がこの決定に役立つことがあります。
2. 評価/感想ワークシートに記入し、航空管制改善計画をクラスで発表します。

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

生徒用ワークシート: 評価

◆ このワークシートを使用して、「航空管制」でのチームの結果を評価します。

1. チームで航空管制問題を解決するのに要した時間は、最短でどのくらいでしたか? また、この時間は他のチームと比べてどうでしたか?

2. チーム内で決めた、レーダー インターフェイスに対する改善点はどのようなものですか? また、この工学的改善によってどのような問題が解決されると思いますか? 以下の空欄に記入してください。

現行システムで洗い出された問題点	工学的改善点の提案内容
1.	
2.	
3.	

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

生徒用ワークシート: 評価(続き)

3. データのコンピュータ処理に使用されるソフトウェアとハードウェアは、頻繁(ひんぱん)に改良されています。過去数年間で変更された教室内または学校内の設備をいくつか挙げてください。技師がこの設備変更によって対処しようとした問題は、何だと思いますか?

4. 航空管制を支えている技術と工学がすべてなくなったとしたら、航行はどのようになると思いますか? チーム内で話し合ってください。国内での移動での時間、コスト、および快適さがどのように変わると思いますか?

5. 航空交通を管制する方法として、他にどのようなものが考えられますか? 全地球測位システム(GPS)やシンプルな目視による管制など、その他の手法の使用について検討してください。どのシステム、または、現行システムのどのような組み合わせが、最も安全だと思いますか?

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.