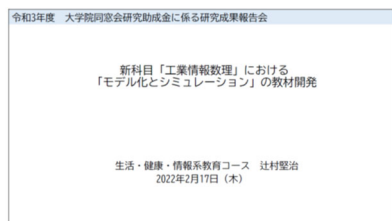


## 新科目「工業情報数理」における「モデル化とシミュレーション」の教材開発

〔発表者〕：生活・健康・情報系教育コース 辻村 堅治

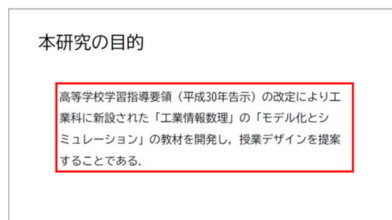
### スライド 1



「新科目「工業情報数理」における「モデル化とシミュレーション」の教材開発」について発表させていただきます。

生活・健康・情報系教育コースの辻村です。よろしくお願いいたします。

### スライド 2



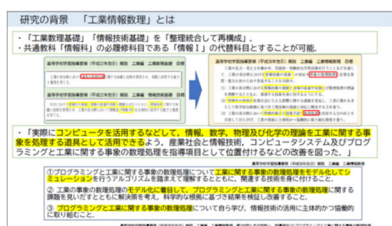
本研究の目的は、高等学校学習指導要領の改定により工業科に新設された「工業情報数理」の「モデル化とシミュレーション」の教材を開発し、授業デザインを提案することです。

### スライド 3



研究の背景

### スライド 4



高等学校工業科では新しい学習指導要領において、「工業数理基礎」と「情報技術基礎」を「整理統合して再構成」して「工業情報数理」が新設されました。

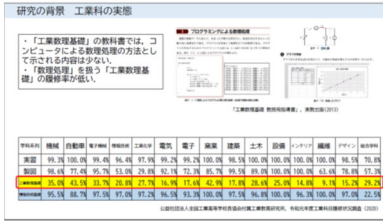
この科目は、高等学校の共通教科「情報科」の必修科目である「情報Ⅰ」の代替科目になり、工業科のどの学科でも学習できます。

新旧の学習指導要領の「科目の目標」を比較すると、「工業数理基礎」にある「工業の各分野における事象の数理処理」が新しい科目「工業情報数理」に取り入れられていることが分かります。

今回の改定では、「コンピュータを活用するなどして、情報、数学、物理及び化学の理論を工業に関する事象を処理する道具として活用できる」ようにこの科目が作られました。

数理処理に関する指導項目では、「工業に関する事象の数理処理を、モデル化に着目してプログラミング」を行うことになっています。

スライド 5

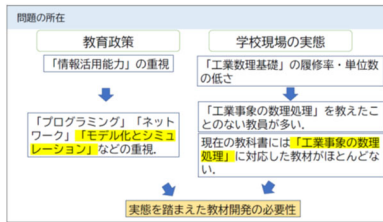


「工業情報数理」を実施する上での問題として考えられることを二つあげます。

一つ目は、現行学習指導要領で使われている「工業数理基礎」の「数理処理」の内容が教科書では少ないことです。教科書では、「コンピュータによる数理処理」としてプログラミングと表計算を活用した方法が示されていますが、例示はこれだけです。

二つ目は、「工業数理基礎」の履修率の低さがあります。履修率を比較すると、現在「数理処理」を扱っている「工業数理基礎」の履修率が低いことがわかります。

スライド 6



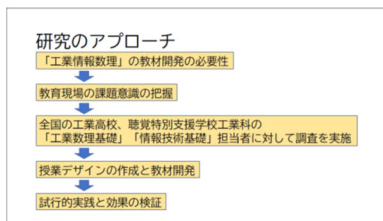
このため「モデル化とシミュレーション」を重視しようとする政策と学校現場の実態に差があり、今後「工業情報数理」を実施するならば、この実態を踏まえた教材開発を行う必要性があります。

スライド 7

- 先行研究の整理
- ・芳賀高志ら、1994 「高等学校工業科科目「工業数理」の教育に関する実態調査」
  - ・後藤博志、2020 「高等学校 次期学習指導要領「工業」について－「工業情報数理」を中心に－」
  - ・藤原敏史ら、2019 「フィジカル・コンピューティングによる高等学校学習指導要領「工業」の変遷における内容分析－工業情報数理において－」
  - ・中山善一ら、2017 「高等学校情報科における教科担任の現状」
  - ・中野信隆、2018 「高等学校共通教科情報科の定数と課題」
  - ・株式会社情報科学研究所、2018 「株式会社情報科学委員会調査 生涯学習施設に関する調査研究（高等学校情報科担当教員の履修率に関する調査研究）」
- 「モデル化とシミュレーション」に関する授業実践や「工業数理基礎」と「情報技術基礎」担当教員の意識実態については先行研究がないのが現状である。

「モデル化とシミュレーション」に関する授業実践や「工業数理基礎」と「情報技術基礎」担当教員の意識実態については先行研究がないのが現状です。

スライド 8



そこで、研究のアプローチとして「教育現場の課題の把握」をした後、「教科担当者の意識把握」を行い、これをもとに「授業デザインの作成と教材開発」、「試行的実践と効果の検証」を行います。

スライド 9

- 研究の構成
- ・高等学校工業科の「工業情報数理」に対する担当教員の意識
  - ・「工業情報数理」の「モデル化とシミュレーション」における授業デザインと教材の開発
  - ・試行的実践と効果の検証
  - ・結論及び今後の課題

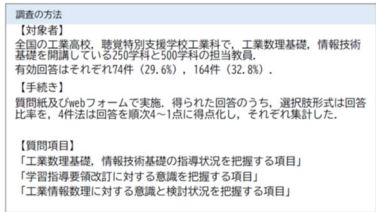
研究はこのような内容で進めました。

スライド 10



高等学校工業科の「工業情報数理」に対する担当教員の意識

スライド 11



全国の工業高校、聴覚特別支援学校工業科で、工業数理基礎、情報技術基礎を開講している学科の担当教員に対して実態調査を行いました。

手続きと質問項目は、このようになっています。

スライド 12



結果と考察

スライド 13

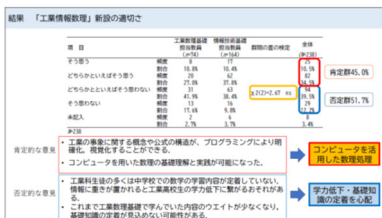


「工業数理基礎」で教えている内容の上位項目は、「単位と単位換算」、「面積・体積・質量の積算」などで基礎的な計算を重視していることがわかります。

「情報技術基礎」で教えている内容の上位項目は、「数値表現と演算」、

「OR,AND,NOT,NAND」、などで情報に関する基礎的な内容を重視していることがわかります。

スライド 14



「工業情報数理」を新設したことの適切さについては、担当者間の意識に有意な差はありませんが、肯定群は45.0%、否定群は51.7%と分かれました。

自由記述の肯定的な意見としては、「工業事象に関する概念や公式の構造が、プログラミングにより明確化、視覚化することができる。」など「コンピュータを活用した数理処理を行うこと」をあげています。

一方否定的な意見としては、「工業科生徒の多くは中学校での数学

の学習内容が定着していない。情報に重きが置かれると工業高校生の学力低下に繋がるおそれがある。」など学力低下、基礎知識の定着を心配する意見が見られます。

### スライド 15

結果 「工業情報数理」の内容で生徒にとって重要なもの

(上位10項目)

項目	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術
情報モラル・情報セキュリティ	45	35	25	45	35	25
数値処理	40	30	20	40	30	20
アルゴリズム	35	25	15	35	25	15
データベース	30	20	10	30	20	10
ネットワーク	25	15	5	25	15	5
プログラミング	20	10	0	20	10	0
図表	15	5	0	15	5	0
幾何	10	0	0	10	0	0
物理	5	0	0	5	0	0
化学	0	0	0	0	0	0
生物	0	0	0	0	0	0

(下位10項目)

項目	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術
モデル化とシミュレーション	5	0	0	5	0	0
幾何	0	0	0	0	0	0
物理	0	0	0	0	0	0
化学	0	0	0	0	0	0
生物	0	0	0	0	0	0
図表	0	0	0	0	0	0
プログラミング	0	0	0	0	0	0
ネットワーク	0	0	0	0	0	0
データベース	0	0	0	0	0	0
アルゴリズム	0	0	0	0	0	0
数値処理	0	0	0	0	0	0

「工業情報数理」の内容で生徒にとって重要なものとして挙げられたものの上位 10 項目は、「情報モラル・情報セキュリティ」や「数値処理」などが多くなっています。

一方、下位 10 項目は「モデル化とシミュレーション」に関する項目が多くなっています。

### スライド 16

結果 「工業情報数理」の内容で生徒にとって重要なもの(有意な差がある項目)

項目	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術
著作権などの知的財産の保護	45	35	25	45	35	25
アルゴリズムを用いた表現	40	30	20	40	30	20
情報技術基礎担当者	35	25	15	35	25	15
データベース	30	20	10	30	20	10
ネットワーク	25	15	5	25	15	5
プログラミング	20	10	0	20	10	0
図表	15	5	0	15	5	0
幾何	10	0	0	10	0	0
物理	5	0	0	5	0	0
化学	0	0	0	0	0	0
生物	0	0	0	0	0	0

「工業情報数理」の内容で生徒にとって重要なものの中で有意な差があるものは、「著作権などの知的財産の保護」「アルゴリズムを用いた表現」など情報に関する内容で、情報技術基礎担当者が重視していることがわかります。

### スライド 17

結果 「モデルを想定したシミュレーション」の授業について

授業として実施したいこと

項目	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術
速度と加速度	45	35	25	45	35	25
力とエネルギー	40	30	20	40	30	20
シミュレーション	35	25	15	35	25	15
データベース	30	20	10	30	20	10
ネットワーク	25	15	5	25	15	5
プログラミング	20	10	0	20	10	0
図表	15	5	0	15	5	0
幾何	10	0	0	10	0	0
物理	5	0	0	5	0	0
化学	0	0	0	0	0	0
生物	0	0	0	0	0	0

生徒の躓き

項目	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術	工業情報数理	情報基礎	情報活用技術
速度と加速度	45	35	25	45	35	25
力とエネルギー	40	30	20	40	30	20
シミュレーション	35	25	15	35	25	15
データベース	30	20	10	30	20	10
ネットワーク	25	15	5	25	15	5
プログラミング	20	10	0	20	10	0
図表	15	5	0	15	5	0
幾何	10	0	0	10	0	0
物理	5	0	0	5	0	0
化学	0	0	0	0	0	0
生物	0	0	0	0	0	0

「モデルを想定したシミュレーション」の授業として実施したいこととして挙げられたものは、「速度と加速度」「力とエネルギー」と続き、担当教員間で有意な差はありませんでした。

生徒の躓きとして考えられるものを聞いた質問では、「シミュレーションに必要な式を考えられない」が共通して最も高く、これも担当教員間に有意な差はありませんでした。

### スライド 18

授業実践の方向性

- 基礎的な数理処理の理解を確認しながら進めること。
- 座学ではなくプログラミングの要素を取り入れ実技を伴いながら進めること。
- 教員が重要性認識を持てるような「モデル化とシミュレーション」の教材開発を進めること。
- 教員にとって実践希望の高い題材の「速度と加速度」を重視すること。

工業事象に関する数理処理の授業モデルの方向性  
「モデル化とシミュレーション」の教材の作成

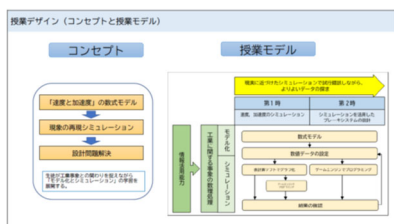
これらの調査から、授業実践では、基礎的な数理処理の理解を確認しながら進めること、座学ではなくプログラミングの要素を取り入れ実技を伴いながら進めること、などが、重要であると考え、授業モデルの方向性とし、教材を作成することにしました。

### スライド 19

「工業情報数理」の「モデル化とシミュレーション」における授業デザインと教材の開発

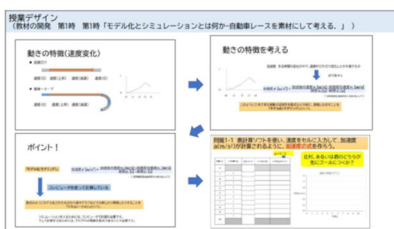
「工業情報数理」の「モデル化とシミュレーション」における授業デザインと教材の開発

## スライド 20



授業デザインのコンセプトは、「速度と加速度」の数式モデルを中心に、①現象の再現シミュレーション、②設計問題解決という2つのフェーズを設定し、生徒が工業事象との関わりを捉えながら「モデル化とシミュレーション」の学習を展開できるようにしました。このコンセプトに基づいて授業モデルを作成しました。第1時は、「速度と加速度」の数式モデルの確認をした後、表計算ソフトを使い数式モデルの時間による変化をグラフ化し、加速度の変化をイメージさせていくこと、次に、ドラッグカーレースを題材として、表計算ソフトで考えた数値をゲームエンジン Unity に入力し、2次元シミュレーションで疑似的に事象の検証をし実感させることを目標にしました。第2時では、自動車のブレーキシステムの設計を題材として、3Dシミュレーションを繰り返す中でデータを検証し、よりよい自動ブレーキシステムの仕様を考えさせることを目標にしました。

## スライド 21



第1時の教材を紹介します。

第1時は、ドラッグカーレースの動画を紹介したのち、その動きの特徴として速度に変化があることをポイントとしてあげ、数式モデルとして、加速度の式を確認をした後、コンピュータを使い計算することで、シミュレーションが作られることを説明しました。

Excel を使い、数式モデルに対して時間ごとの変化を連続的に計算させグラフ化することで現象の全体像を把握させることを目的としました。

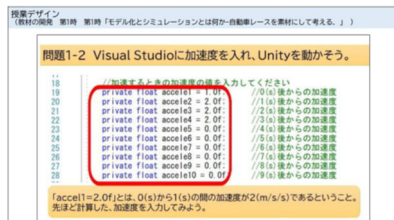
## スライド 22



次に、表計算ソフトで考えた数値を実感を持って理解させるために、ゲーム開発エンジン Unity を用いることにしました。

Unity の画面上には時間によるオブジェクトの変化がわかるように、時間(s)、距離(m)などを数値で表すようにしました。

## スライド 23

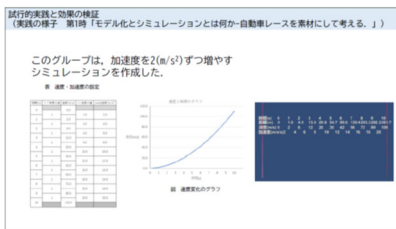


Excel で計算した加速度は、VisualStudio 上のプログラムに変数として設定させるようにしました。



と、表やグラフから現象や特徴を理解することが難しい生徒がいることが推測されます。また、「プログラミングの言語や文法はわかる。」「モデル化」とは何かわかる。」「シミュレーション」とは何かわかる。」などの平均値は低いですが、「プログラミングに興味はある。」「モデル化とシミュレーション」は工業製品の設計に必要なものだと思う。」などの平均値は高くなっています。これは、理解は低くても興味を持ち、必要性を感じていると推測されます。これらの実態を持つ生徒を対象に授業を実践しました。

### スライド 30

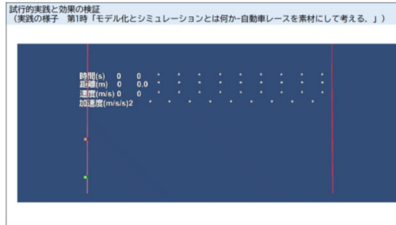


ここから実践の様子を紹介します。

第1時では、Excelで加速度を計算させ、Unityを使って教師のオブジェクトを追い越せるような加速度を考えさせました。

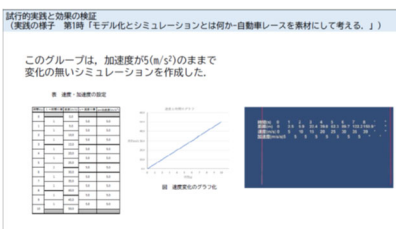
このグループは、加速度を2(m/s<sup>2</sup>)ずつ増やしたシミュレーションを作成しました。Excelのグラフを見ると、速度の増加率が上がっていることが分かります。

### スライド 31



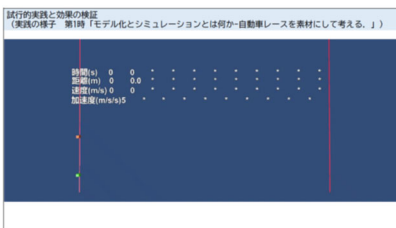
このグループが作成した、シミュレーションを紹介します。赤が生徒のシミュレーションを表すオブジェクト、緑は比較対象用の等速直線運動をするオブジェクトです。

### スライド 32



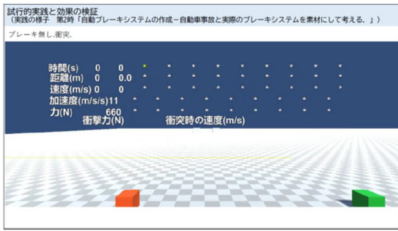
次のグループは、加速度が5(m/s<sup>2</sup>)のままで変化の無いシミュレーションを作成しました。Excelを見ると、速度変化が一定であることが分かります。

### スライド 33



このグループが作成した、シミュレーションを紹介します。

スライド 34



第 2 時は第 1 時の学習を発展させて、指定した時間内にブレーキを 3 回踏むことで壁に当たらないように停止するブレーキシステムを考えることにしました。ブレーキシステムのない場合、人を模倣的に表した壁に衝突することになります。

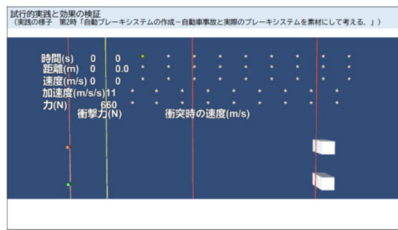
壁に衝突しない加速度をワークシート上で考えさせ、このデータをシミュレーションで繰り返し検証し、最適なデータを選ばせました。

スライド 35



このグループは、シミュレーションの結果、4, 4, 3 という数値の組み合わせが「バランスが良い」と考えました。

スライド 36



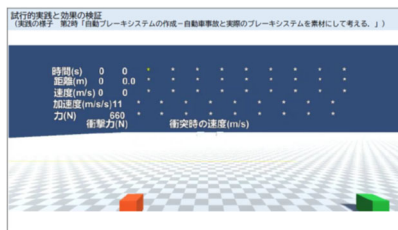
このグループが作成した、シミュレーションを紹介します。

スライド 37



次のグループは、シミュレーションの結果 3, 4, 4 という数値の組み合わせが「急ブレーキじゃないから、後ろからの追突の心配がない」と考えました。

スライド 38



このグループが作成した、シミュレーションを紹介します。この動画では運転手目線からものになっています。



スライド 39

試行的実践と効果の検証 生徒の反応

表 実験による生徒の意識の変容

項目	実験前		実験後		平均値(変化) 効果量
	平均	SD	平均	SD	
基礎的な数値処理の理解が深まった	1.88	0.76	1.75	0.68	-0.02(0.04)
基礎的な数値処理の理解が深まった(自信)	1.88	0.76	1.75	0.68	-0.02(0.04)
工業事象に関する数値処理の理解が深まった	1.72	0.68	1.92	0.72	0.20(0.04)
工業事象に関する数値処理の理解が深まった(自信)	1.72	0.68	1.92	0.72	0.20(0.04)
Unityが工業事象を処理するツールとして活用できる	1.42	0.72	1.92	0.72	0.50(0.04)
Unityが工業事象を処理するツールとして活用できる(自信)	1.42	0.72	1.92	0.72	0.50(0.04)
シミュレーションが学習のツールとして活用できる	1.42	0.72	1.92	0.72	0.50(0.04)
シミュレーションが学習のツールとして活用できる(自信)	1.42	0.72	1.92	0.72	0.50(0.04)

注: 平均値(変化) 効果量はt検定による。

「実際に数値を入れて動かしてみると加速度についてよく分かってきました。」「加速度の設定に失敗して、とてもいいボードでかつとんてんしてしまいました。そういう失敗もおもしろいと思った。」「加速度の数値で遊ぶのが楽しかった。」「数値が楽しく感じることができました。」「シミュレーションが自分でできると感じて嬉しかった。」

授業実践による生徒の意識の変容を紹介します。有意な差があった項目は「加速度を計算するための式はわかる。」「数値をもとに作成した表やグラフから、現象や特徴を理解することができる。」「工業で勉強する内容は生活や社会と関係していると思う。」などでした。大きく平均値が上昇し、効果量が高かったものとして、「数値をもとに作成した表やグラフから、現象や特徴を理解することができる。」「モデル化」とは何かわかる。」「シミュレーション」とは何かわかる。」などでした。これは加速度の式の理解や表やグラフの読み取りを苦手としていても、動きのあるシミュレーションを行うことで理解が進んだことが示唆されます。

生徒の感想からは、数式モデルのシミュレーションを Unity を使うことで楽しみながら学習した様子が分かります。

スライド 40

まとめ

工業事象に関する数値処理の「モデル化とシミュレーション」の授業

「基礎的な数値処理の理解を確認しながら進める。」  
「Unity のような 2D, 3D シミュレーションで、時間による事象の変化を繰り返し疑似的に再現・検証をし実感させる。」

↓

モデル化によって示される工業事象の数式モデルの時間による変化に興味を持たせ、学習内容に対する理解を深め、Unity が工業事象を処理しシミュレーションを行う道具として活用できる。

以上の結果から、工業事象に関する数値処理の「モデル化とシミュレーション」の授業では、「基礎的な数値処理の理解を確認しながら進める」「Unity のような 2D, 3D シミュレーションで、時間による事象の変化を繰り返し疑似的に再現・検証をし実感させる」ことで、「工業事象の変化に興味を持たせ、学習内容に対する理解を深めること」、「Unity が工業事象を処理しシミュレーションを行う道具として活用できる」ことが示されました。

スライド 41

今後の課題

- 今回の「速度と加速度」以外の分野でも生徒が実感を持って理解できる教材開発や授業研究を継続していく必要がある。
- 授業では多くの生徒が楽しさを感じる一方、難しさを感じる生徒もいた。授業時間数の増加、指導方法の変更などを行うことで解決するか検証していく必要がある。
- 実態状況を分析するときには、授業担当者インタビューを行う質的研究を組み合わせて新科目の実践上の課題を調査することで、多様な実態を把握することができると思われる。
- プログラミングと、プログラミングの要素を取り入れたシミュレーションの学習が相互に及ぼす影響を比較し、効果的な学習方法を見出すことができるかもしれない。

今後の課題として、「今回の「速度と加速度」以外の分野でも生徒が実感を持って理解できる教材開発や授業研究を継続して行っていく必要がある。」など、こちらに示すとおりです。

スライド 42

本研究に関連する学会発表

- 題目「高等学校工業科の新科目「工業情報数理」に対する担当教員の意識」  
辻村聖治、森山潤  
2021年8月、日本産業技術教育学会 第64回全国大会（札幌）にて発表、  
日本産業技術教育学会 第64回全国大会（札幌）講演要旨集、p. 108
- 題目「ゲーム開発エンジンUnityを活用した高校工業科「工業情報数理」におけるモデル化とシミュレーションの授業実践」  
辻村聖治、森山潤  
2021年12月、日本産業技術教育学会 2021年度技術教育分科会（盛岡）にて発表、  
日本産業技術教育学会 2021年度技術教育分科会（盛岡）講演要旨集、pp. 25-26

本研究に関連する学会発表は、この様になっています。

スライド 43

ご清聴ありがとうございました。  
同窓会の皆様へ感謝申し上げます。

ご清聴ありがとうございました。同窓会の皆様へ感謝申し上げます。