

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：12101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20205

研究課題名（和文）技術科における「サイバニクス技術」に関わる題材開発と実践評価

研究課題名（英文）Analysis of Educational Contents on Cybernetics Technology for Junior High School Technology Education

研究代表者

川路 智治（KAWAJI, TOMOHARU）

茨城大学・教育学部・助教

研究者番号：90909201

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：人とロボット、情報の技術が融合したサイバニクス技術に関わる技術の指導内容、指導方法、教材を検討し、中学生対象の実践を通じた妥当性の検証を行った。サイバニクス技術の関連資料等から指導内容を抽出した結果、技術科の授業において医工学を扱う際の指導内容として七つの指導内容があることが分かった。また、中学生86名を対象として、HALの体験プログラムを実施した結果、生徒はサイバニクス技術の概念、HALの動作原理や仕組みを理解できた。さらに、HALの装着体験を通して、HALが生体電位信号を検知して動作していることを理解し、サイバニクス治療の効果を理解できた。加えて、医療技術に対する学習意欲を向上させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、次世代の社会ビジョンを見据えて、人とロボット、IT技術を融合した技術に関する指導内容と指導方法を確立するために、中学校技術科におけるサイバニクス技術の題材開発を目的とする。そのため、2年間の計画に基づいて中学校技術科で習得させるべきサイバニクス技術の指導内容の抽出と体系化を図る。本研究課題により日本の技術教育では扱われてこなかった、人とロボット、IT技術を融合した技術を指導できるようになる。さらに、次世代を担う生徒の技術的思考力の幅の広がりや新たな価値を持って社会に貢献していこうとする人材の育成ができると考えている。

研究成果の概要（英文）：Technology education in Japan requires content that corresponds to Society 5.0. Therefore, it is necessary to conduct classes related to medical engineering. This study examined the teaching materials related to Cybernetics and identified seven essential teaching contents for technology classes dealing with medical engineering. A class centered on Cybernetics was developed, which was conducted with 86 student participants. Results showed that the students comprehended the “Concept of Cybernetics,” the “Working principles and mechanisms of HAL,” and “HAL detection of bio-electrical signals and operation.” The classes also improved students’ motivation to learn about medical engineering.

研究分野：教科教育学

キーワード：技術教育 サイバニクス技術 計測・制御 システム工学 IoH

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

中学校技術科の指導内容は、科学技術の進展に合わせて追加されてきた。現行の学習指導要領では「D 情報の技術」が Society5.0 を意図した内容で構成されている。Society5.0 は、政府が第5期科学技術基本計画で打ち出した未来社会の姿である。現在、市場では Society5.0 を具現化した IoT 製品が流通し始め、AI の実用化も進んでいる。

このような科学技術の進展の中で Society6.0 とも言えるような、人とロボット、IT 技術の融合したサイバニクス技術が実用化されている。サイバニクス技術を応用した機器としては、装着型サイボーグ HAL が挙げられる。市販されている装着型サイボーグ HAL は、身体機能の一部を失った人が、身体機能を回復する機能再生医療を実現する製品である。装着型サイボーグ HAL のように、新たな価値を創造し社会そのものを変革するために、人とロボット、IT 技術が融合した技術・製品に対する需要は今後さらに高まっていくと予想される。

このような科学技術の進展を受け、次期学習指導要領では、人とロボット、IT 技術の融合した内容が盛り込まれる可能性が高い。人とロボット、IT 技術の融合はサイバニクス技術として知られている。しかし、サイバニクス技術について指導する教科はない。世界的には、サイバニクス技術に近い医療技術がアメリカの技術教育で指導されている。日本においては、医療技術について義務教育段階で扱う教科はない。一部、岩手大学教育学部附属中学校の技術科で、医療や介護に関わる問題を発見し、発見した問題を解決するための機器の構想と製品モデルの製作をする医療技術に関する実践等はあるが、サイバニクス技術を扱った実践事例はない。Society6.0 の社会を見据え、その社会の担い手を育てる次期学習指導要領の改訂が重要な意味をもつと考える。

2. 研究の目的

本研究課題では、次期学習指導要領の改訂で盛り込まれることが予想される、人とロボット、IT 技術を融合した技術についての指導内容と指導方法を確立するために、サイバニクス技術に焦点を当てた題材の開発を行うことを目的とする。

そのため、まず技術科で習得させるべきサイバニクス技術の指導内容の抽出と体系化をする。次に、体系化した指導内容を適切に習得させる題材の開発をする。最後に、開発した題材の実践に基づく指導内容の修正・改善とそこから得られた知見の整理をする。分析の結果から、サイバニクス技術教育の有効性と課題・可能性について知見を得る。

3. 研究の方法

本研究課題では、1年目に課題1「技術科で習得させるべきサイバニクス技術の指導内容の抽出と体系化」と課題2「体系化した指導内容を適切に修得させる題材の開発」に取り組む。まず、課題1に対しては情報源を『サイバニクスが拓く未来』(山海、2018)と科学技術振興機構/革新的研究開発推進プログラムの資料およびその関連資料に加え、本研究に関連する日本産業技術教育学会や日本科学教育学会等の学会誌も対象とする。さらに、CYBERDYNE 社に協力を依頼し、サイバニクス技術に関わる技術要素をヒアリングにより抽出する。抽出した指導内容は、生徒の発達段階を考慮し体系化する。課題2では、課題1で得た結果を技術科の目標と照合し、指導計画や教材・教具を選定し、評価基準や評価方法と対応させ題材化する。課題1と課題2に取り組む際には、装着型サイボーグ HAL をレンタルし題材開発に役立てる。また、1年目から授業実践者との意見交換を行い、2年目の授業実践の準備を進める。

2年目は8月までに授業実践を実践協力校で行う。実践協力校は、所属機関の教育学部附属中学校と茨城県内の公立中学校を予定している。授業実践では、装着型サイボーグ HAL を用いた実践を予定している。装着型サイボーグ HAL にはいくつかのタイプがあるが、いずれのタイプも高額であり1クラス40人を対象に実践するのは予算的に不可能である。本研究課題では、装着型サイボーグ HAL をレンタルで準備し、週末や長期休業を利用した希望者(少人数)での実践を行う。授業実践を午前のグループと午後のグループに分け、数日にわたって実施することで「技術科で習得させるべきサイバニクス技術の指導内容の抽出と体系化」と「体系化した指導内容を適切に修得させる題材の開発」の有効性が検証できる調査協力者数を確保する。9月以降は実施前後のアンケート結果の集計、生徒のワークシートの記述から提案題材の有効性や課題を分析する。分析の結果から、サイバニクス技術教育の有効性と課題・可能性について知見を得た結果を取りまとめ、成果の発表を行う。

4. 研究成果

本研究課題では、まず、サイバニクス技術が指導要領解説に示される指導内容の枠組みを網羅しているかを分析した。その方法として、サイバニクス技術が技術分野の内容構成と照らし合わせて含まれているかを検討した。学習指導要領解説では、各指導内容が「生活や社会を支える技術」、「技術による問題の解決」、及び「社会の発展と技術」の三つの要素で構成されている。その中でも「生活や社会を支える技術」については、「技術による問題の解決」と「社会の発展

と技術」の基礎となる要素である。「生活や社会を支える技術」では、「技術に関する科学的な原理・法則」「技術の基本的な仕組み」「技術の見方・考え方」の3要素がある。そこでサイバニクス技術に関わる指導内容が、3要素を網羅しているかを分析することにした。はじめに、サイバニクス技術の関連資料の収集と CYBERDYNE 社へのヒアリングの結果から3要素と一致する記述が認められた資料名、頁、用語、用語の説明を抽出した。次に、抽出された用語と用語の説明から同じカテゴリーに属すると考えられるものを指導内容の具体例として分類した。最後に、指導内容の具体例として分類された、HALの動作原理などの七つの具体例を、技術科の授業において医工学に関わる技術を扱う際の指導内容として変換した。その結果を示したものが表1である。

表1より、サイバニクス技術の指導内容は、技術に関する科学的な原理・法則、技術の基本的な仕組み、及び技術の見方・考え方の要素を含んでいることから、指導要領解説に示される指導内容の枠組みのうち「生活や社会を支える技術」に関連付けられると考えられた。

表1 「生活や社会を支える技術」の3要素とサイバニクス技術の指導内容の対応

3要素	サイバニクス技術の指導内容の具体例	技術科の授業において医工学を扱う際の指導内容
技術に関する科学的な原理・法則	HALの動作原理	医工学によって創造された機器の動作原理
	サイバニクス治療の根拠	医学的な治療の根拠
技術の基本的な仕組み	HALの仕組み	医療機器の仕組み
	HALによるサイバニクス治療の仕組み	医療機器による治療の仕組み
技術の見方・考え方	HALの種類	医療機器の種類
	サイバニクス治療の効果	治療の効果
	製品の開発と普及	製品の開発と普及

サイバニクス技術の指導内容として抽出された七つの具体例をもとに学習活動と学習形態を設定した。また、学習活動に必要な教材の選定を行った。指導内容の具体例から学習活動と学習形態を検討した。その結果を示したものが表2である。

学習活動1は、指導内容の具体例のHALの種類、サイバニクス治療の効果、製品の開発と普及をもとに設定した。この学習活動では、サイバニクス技術の概念を理解させるために、座学にて、サイバニクス技術は人とロボット、情報の技術が融合した技術であり、HALはサイバニクス技術を活用した装着型サイボーグであることやHALはサイバニクス治療を行える医療機器であることを伝える。

学習活動2は、指導内容の具体例のHALの動作原理、HALの仕組みをもとに設定した。この学習活動では、HALの動作原理と仕組みを知らせるために、座学にて、HALは脳から筋肉に送られる信号を生体電位信号として読み取り解析することで、装着者の意図した動きをHALが再現することを伝える。

学習活動3は、指導内容の具体例のHALの動作原理をもとに設定した。この学習活動では、生体電位信号について実体験をもとに理解させるため、被験者にHALを装着させ、脳からの信号でHALが動作していることを実感させる。

表2 本研究において設定された学習活動と使用する教材及び学習の形態

学習活動	指導内容の具体例	学習活動で理解させる内容	学習形態	主な教材
1 サイバニクス技術の概念	HALの種類 サイバニクス治療の効果 製品の開発と普及	・サイバニクス技術は、人とロボット情報の技術が融合した技術である。 ・HALはサイバニクス技術を活用して作られている。 ・HALはサイバニクス治療を行える医療機器である。	一斉座学	学習用スライド (CYBERDYNE社から提供を受けた資料を含む) ワークシート
2 HALの動作原理と仕組み	HALの動作原理 HALの仕組み	・脳から筋肉へ送られる信号を生体電位信号として検知する。 ・検知した信号をもとに、HALが装着者の動作を解析する。 ・解析した情報をもとに、HALが装着者の意図した動作を再現する。	一斉座学	学習用スライド (CYBERDYNE社から提供を受けた資料を含む) ワークシート
3 生体電位信号の理解	HALの動作原理	・HALを装着し、脳からの信号がHALを動作させていることを実感させる。	個別体験	HAL単関節タイプ ワークシート
4 サイバニクス治療の対象と根拠	サイバニクス治療の根拠 HALによるサイバニクス治療の仕組み	・サイバニクス治療の対象は身体に麻痺のある方である。 ・サイバニクス治療は、身体の麻痺を改善する機能再生医療である。 ・サイバニクス治療は脳神経系と抹消系の間での神経系電位信号のループさせることでコネクタームの再構築を図る。	一斉座学	学習用スライド (CYBERDYNE社から提供を受けた資料と動画を含む) 軍手 折り紙
5 サイバニクス治療の効果	サイバニクス治療の効果	・HALを装着し、長座体前屈と跳躍において身体機能が改善することを実感させる。	個別体験	HAL腰タイプ ワークシート

学習活動 4 は、指導内容の具体例のサイバニクス治療の根拠、HAL によるサイバニクス治療の仕組みをもとに設定した。この学習活動は、サイバニクス治療の対象と根拠を知らせるために、座学にて、サイバニクス治療は、身体に麻痺のある患者に対して治療を行い、麻痺を改善する機能再生医療であることや治療により脳と筋肉の間で行われる神経系電位信号の伝達が改善されることを伝える。

学習活動 5 は、指導内容の具体例のサイバニクス治療の効果をもとに設定した。この学習活動は、サイバニクス治療の効果について実体験をもとに理解させるため、被験者に HAL を装着させ、長座体前屈と跳躍において身体機能が改善する即時効果を実感させる。

次に、教材の選定を行った。学習活動 1 と学習活動 2 では、主な教材として、CYBERDYNE 社から提供を受けた資料をもとに作成した学習用スライドと自作のワークシートを使用する。学習活動 3 では、主な教材として HAL 単関節タイプを使用する。学習活動 4 では、主な教材として、CYBERDYNE 社から提供を受けた資料と動画をもとに作成した学習用スライドと軍手、折り紙を使用する。学習活動 5 では、主な教材として HAL 腰タイプと自作のワークシートを使用する。

なお、検討した学習活動、学習活動で理解させる内容、学習形態、及び教材では、HAL の装着体験が含まれるため、装着体験の実施に当たっては、研究活動の目的、体験内容、HAL の利用例、参加する上での注意事項を保護者に文書にて説明した。また、体験活動への参加が保護者の同意を得ていることを確認するために、署名と捺印された参加申込書を回収した。

サイバニクス技術の指導内容、指導方法、教材の妥当性や学習効果の検証を行うために、中学生を対象とした HAL の体験プログラムを作成した。その結果を示したものが表 3 である。

体験プログラムの具体的な活動は、はじめに座学 1、次に体験 1、座学 2、体験 2、体験 3、振り返りを設定した。また、学習効果の検証のために、体験活動の前後に調査 1、調査 2 を設定し、質問紙調査を行った。なお、体験プログラムは、HAL 腰タイプと HAL 単関節タイプの台数が限られていることから、1 グループ 4 人までの少人数で実施した。体験時間は調査 1 から調査 2 までの合計が 90 分間に収まるようにした。授業実践は、2022 年 7 月から 2022 年 8 月にかけて岩手県 1 校と茨城県 3 校の中学校 3 年生 86 名を対象として実施した。

表 3 HAL の体験プログラムの内容

体験活動の内容	支援・留意点
調査 1 (1) 事前アンケートに回答する。 座学 1 (1) HAL の種類と CYBERDYNE 社について知る。 (2) サイバニクス技術について知る。 (3) HAL について知る。 (4) サイバニクス治療について知る。 体験 1 (1) 麻痺のある患者の気持ちを実感する。 (2) サイバニクス治療の様子と効果を知る。 座学 2 (1) HAL が動作する仕組みを知る。 (2) サイバニクス治療の根拠を知る。 体験 2 (1) サイバニクス治療の効果を実感する。 体験 3 (2) 生体電位信号により HAL が動作していることを実感する。 振り返り (1) 体験活動の振り返りをする。 調査 2 (1) 事後アンケートの回答をする。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事前調査の質問紙を配付し回答を求める。 ・ HAL の種類と CYBERDYNE 社を紹介する。 ・ サイバニクス技術は人とロボット、情報技術が融合した技術であることを伝える。 ・ HAL はサイバニクス技術を活用した製品であることを伝える。 ・ HAL はサイバニクス治療を行う医療機器であることを伝える。 ・ サイバニクス治療は身体に麻痺のある患者を対象としていることを伝える。 ・ 身体に麻痺のある患者の気持ちを知るために軍手をつけた状態で折り鶴を折らせる。 ・ CYBERDYNE 社から提供を受けた動画を視聴させる。 ・ HAL は脳から筋肉に届けられる信号を読み取り分析することで、装着者の意図した動きを HAL が再現することを伝える。 ・ 脳から筋肉に送られる信号を HAL が検知し、患者の身体を動かすことで、患者の筋肉から脳に動作が完了したことを知らせる信号が送られ、この脳と筋肉の信号のやり取りを何度もループさせることで神経伝達の機能が改善することを伝える。 ・ HAL 腰タイプを装着した事前と事後で長座体前屈による柔軟性と跳躍力が向上することで即時効果を実感させる。 ・ HAL 単関節タイプを装着し、被験者の生体電位信号を HAL が検知して動作していることを実感させる。 ・ 被験者に HAL の体験プログラムの振り返りをさせ感想を聞く。 ・ 事後調査の質問紙を配付し回答を求める。

HAL の体験プログラムを実施した結果、HAL の体験プログラムは、HAL の動作原理と仕組みを理解させる効果があった。また、医療技術に対する学習意欲を向上させる効果があった。さらに、サイバニクス治療の対象を理解させる効果があったが、サイバニクス治療の根拠に対する指導方法と教材には改善の余地があった。

以上の結果より、サイバニクス技術の指導内容は、指導要領解説に示される指導内容の枠組みの、「生活や社会を支える技術」に関連付けられることは明らかとなった。しかし、学習内容の枠組みに示されている「技術による問題の解決」、及び「社会の発展と技術」に関連付けることができるかについては、本研究では検討できていない。また、技術科において、サイバニクス技術の授業をする際の、実現可能性を探る基礎的な知見を得ることができたが、HALの体験プログラムは、1グループ4人までの少人数で実践したため、通常学級の40人を想定した指導方法、及び教材の検討が必要である。今後は、より実現可能性を高めるような授業の方法等を検討することが課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 川路智治、小祝達朗、落合淳平、加藤佳昭、滝本穰治、藤井貴広、三浦寿史
2. 発表標題 技術科におけるサイバニクス技術に関する教育内容の分析
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第65回 全国大会（広島）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------