

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06147

研究課題名(和文) ウェアラブル端末に対応した制御系CADシステムの開発

研究課題名(英文) Development of CAD for Control Systems Supporting Wearable Devices

研究代表者

古賀 雅伸 (Koga, Masanobu)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：90251644

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、腕時計型ウェアラブル端末やメガネ型ウェアラブル端末に対応した数値計算エンジンと数値計算ツールを開発し、それを基に制御系のモデリング・シミュレーションツールを開発した。腕時計型ウェアラブル端末の通知機能、および、メガネ型ウェアラブル端末のリアルタイム情報提供機能を用いて、制御系のモデリング・シミュレーションツールを利用する際の作業効率を高め、ユーザの負担を軽減できる方法を提案した。

研究成果の概要(英文)：This research developed a cad for control systems, which is available in watch-type wearable devices and glass-type wearable devices, as well as a library for numerical computing and a numerical computing engine. We proposed a method to improve the work efficiency and reduce the user load at the work to use the cad for control systems by using the notification with watch-type wearable devices and real-time information presentation with glass-type wearable devices.

研究分野：制御工学

キーワード：制御工学 制御系CAD 数値計算 ウェアラブル端末

1. 研究開始当初の背景

(1) 申請者は、制御系の解析、設計、シミュレーション、およびリアルタイム制御を効率的に行なえる科学技術計算ソフトウェア(MaTX)を開発し、6軸ロボットアームや非ホロノミック拘束を受ける複雑なシステムの制御に適用し、その有効性を実証してきた。本ソフトウェアはフリーソフトウェアであり、国内外の多くの教育機関、公的機関、企業で教育・研究に利用されている。実用的な規模の制御システムを計算機上で扱うには、使いやすいユーザインターフェースを備えたSimulinkのようなツールが必須である。しかしながら、商用製品は高額であり、ツールを必要とする全ての教育機関が導入できるわけではない。申請者は、ブロック線図に基づく制御系モデリング・シミュレーションツール(Jamox)を開発し、フリーソフトウェアとして配布しており、本ツールを講義や演習で利用する大学等が増加しつつある。

(2) 近年、スマートフォン端末やタブレット端末等の携帯情報端末は一定の普及期を迎え、PC端末の置き換えとして使用され始めている。申請者のグループが開発した数値計算ツール(matj)は携帯情報端末で利用でき、MaTX言語で記述された制御系の解析や設計のための多くの関数資産を携帯情報端末で活用できる。さらに、携帯情報端末はウェアラブル端末と連携することで、利用者の状態に合わせて行動を促したり、気づきを与えたりするような新たなサービスを提供しようとしている。ウェアラブル端末の特徴である通知機能を活用することで、長時間かかるシミュレーション等の計算完了通知、計算継続や中止の指示が可能となり、計算の完了待ちからユーザを解放することができる。

(3) 制御系開発に計算機を利用するには、制御対象のモデルを計算機上に作成する必要があり、システムが複雑な場合は、ブロック線図を用いる方法が一般的である。申請者のグループが開発した制御系モデリング・シミュレーションツール(Jamox)は、携帯情報端末で利用でき、タッチ操作やジェスチャー操作を活用することで、操作性や利用満足度の高いユーザインターフェースを提供している。メガネ型ウェアラブル端末にモデルの付加情報やツールの使用方法等を利用者に合わせてリアルタイムに映し出すことで、資料やマニュアルを見る手間を省き、作業の効率性を高め、ユーザの負担を軽減できる。

2. 研究の目的

(1) ウェアラブル端末に対応した数値計算エンジンと数値計算ツールを開発し、それを基に制御系のモデリング・シミュレーションツールを開発する。
(2) 腕時計型ウェアラブル端末の通知機能、お

よび、メガネ型ウェアラブル端末のリアルタイム情報提供機能を用いて制御系のモデリング・シミュレーションツールのユーザインターフェースを向上させる。

3. 研究の方法

(1) ウェアラブル端末に対応した数値計算エンジンと数値計算ツールを開発し、それを基に制御系のモデリング・シミュレーションツールを以下のように開発する。

申請者のグループが開発したPC端末および携帯情報端末(Android端末)で動作するJavaによる数値計算エンジンにウェアラブル端末と連携する機能を実装する。この数値計算エンジンを用いることで、MaTX言語で記述された制御系の解析や設計のための多くの関数資産を携帯情報端末で利用することができ、ウェアラブル端末への基本的な通知およびウェアラブル端末からの応答の受付が可能となる。

申請者のグループが開発したPC端末および携帯情報端末(Android端末)で動作するJavaによる数値計算ツール(matj)にウェアラブル端末と連携する機能を実装する。この数値計算ツールを用いることで、MaTX言語を用いて対話的に数値計算を実行することができ、ウェアラブル端末への基本的な通知およびウェアラブル端末からの応答の受付が可能となる。

申請者のグループが開発した携帯情報端末(Android端末)で動作する微分方程式や代数方程式を解くためのソルバーをベースとし、ウェアラブル端末への基本的な通知が可能でシミュレーションソルバーを開発する。

申請者のグループが開発した携帯情報端末(Android端末)で動作するモデリング・シミュレーションツール(Jamox)をベースとし、ウェアラブル端末への基本的な通知が可能でモデリング・シミュレーションツールを開発する。

開発したツールのプロトタイプを公開・配布し、得られる評価や提案等のフィードバックに基づいてツールの問題解決や機能拡張等の改善を行う。

(2) 腕時計型ウェアラブル端末の通知機能、および、メガネ型ウェアラブル端末のリアルタイム情報提供機能を用いて制御系のモデリング・シミュレーションツールのユーザインターフェースを以下のように向上させる。

シミュレーションソルバーとモデリング・シミュレーションツールからの通知を受け付けることができるウェアラブル端末で動

作するアプリケーションを開発する。このとき、文字、音、振動等の通知の表現方法や計算結果の簡易表示方法等について検討する。

腕時計型ウェアラブル端末の特徴である通知機能を活用し、長時間かかるシミュレーション等の計算完了通知、計算結果の簡易表示、計算継続や中止の指示、処理内容の選択を可能とすることで、計算の完了待ちからユーザを解放する。

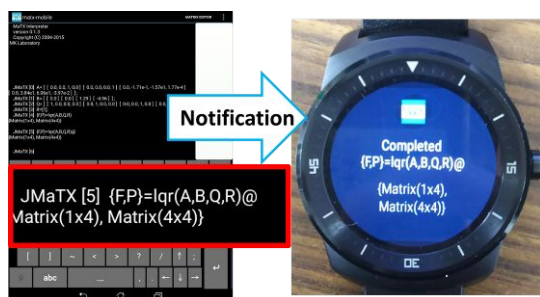
メガネ型ウェアラブル端末にモデルの追加情報をリアルタイムに映し出すことで、資料を見る手間を省き、作業の効率性を高め、ユーザの負担を軽減する。

4. 研究成果

(1) ウェアラブル端末に対応した数値計算エンジンと数値計算ツールを開発し、それを基に制御系のモデリング・シミュレーションツールを開発した。

申請者のグループが開発したPC端末および携帯情報端末(Android端末)で動作するJavaによる数値計算エンジンにウェアラブル端末と連携する機能を実装した。この数値計算エンジンを用いることで、MATX言語で記述された制御系の解析や設計のための多くの関数資産を携帯情報端末で利用することができ、ウェアラブル端末への基本的な通知およびウェアラブル端末からの応答の受付が可能となった。

申請者のグループが開発したPC端末および携帯情報端末(Android端末)で動作するJavaによる数値計算ツール(matj)にウェアラブル端末と連携する機能を実装した。この数値計算ツールを用いることで、MATX言語を用いて対話的に数値計算を実行することができ、ウェアラブル端末への基本的な通知およびウェアラブル端末からの応答の受付が可能となった。携帯情報端末で行った計算の結果を腕時計型ウェアラブル端末へ通知する様子を以下の図に示す。



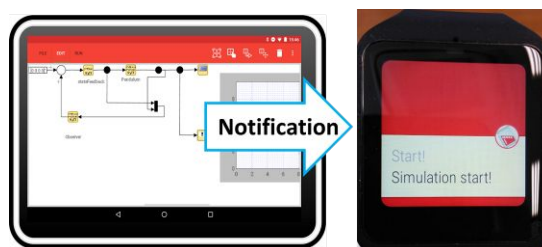
コマンドラインにおいて、コマンドの末に@を付加することで、計算結果が通知される。また、コマンドの末に@を付加しないことで、

以下の図に示すように計算結果の通知を抑制することが可能である。



申請者のグループが開発した携帯情報端末(Android端末)で動作する微分方程式や代数方程式を解くためのソルバーをベースとし、ウェアラブル端末への基本的な通知が可能なシミュレーションソルバーを開発した。

申請者のグループが開発した携帯情報端末(Android端末)で動作するモデリング・シミュレーションツール(Jamox)をベースとし、ウェアラブル端末への基本的な通知が可能なモデリング・シミュレーションツールを開発した。シミュレーションツールにおけるシミュレーション計算開始の情報を腕時計型ウェアラブル端末へ通知する様子を以下の図に示す。



本研究で開発したツールについては、既にインターネットを介して公開・配布されているが、ドキュメントを整備し、ホームページ等で情報提供を進めていく。今後、通知で扱うデータの種類を増やし、機能を強化していく予定である。

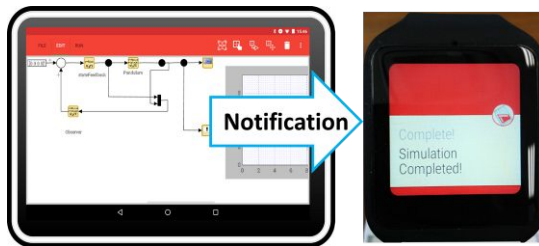
(2) 腕時計型ウェアラブル端末の通知機能、および、メガネ型ウェアラブル端末のリアルタイム情報提供機能を用いて制御系のモデリング・シミュレーションツールのユーザインターフェースを以下のように向上させた。

シミュレーションソルバーとモデリング・シミュレーションツールからの通知を受け付けることができるウェアラブル端末で動作するアプリケーションを開発した。このとき、文字、音、振動等の通知の表現方法や計算結果の簡易表示方法等について検討した。シミュレーション結果のグラフを簡易的に腕時計型ウェアラブル端末へ通知する様子

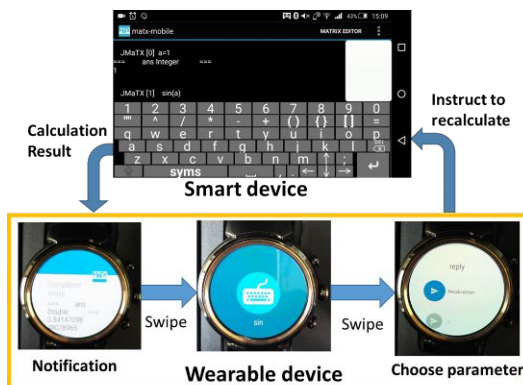
を以下の図に示す。



腕時計型ウェアラブル端末の特徴である通知機能を活用し、長時間かかるシミュレーション等の計算完了通知、計算結果の簡易表示、計算継続や中止の指示、処理内容の選択を可能とした。シミュレーションツールにおけるシミュレーション計算完了の情報を腕時計型ウェアラブル端末へ通知する様子を以下の図に示す。

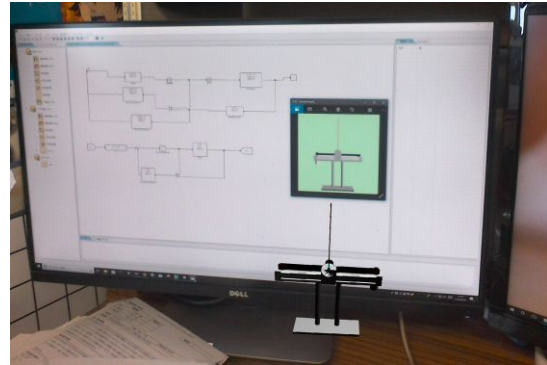


設計やシミュレーションにおいて、パラメータをチューニングする際、携帯情報端末上で準備したパラメータの候補をウェアラブル端末に送ることで、計算結果の確認だけでなくパラメータを選択することがウェアラブル端末で可能となった。ウェアラブル端末で計算結果を確認し、次の計算で採用するパラメータを選択する様子を以下の図に示す。

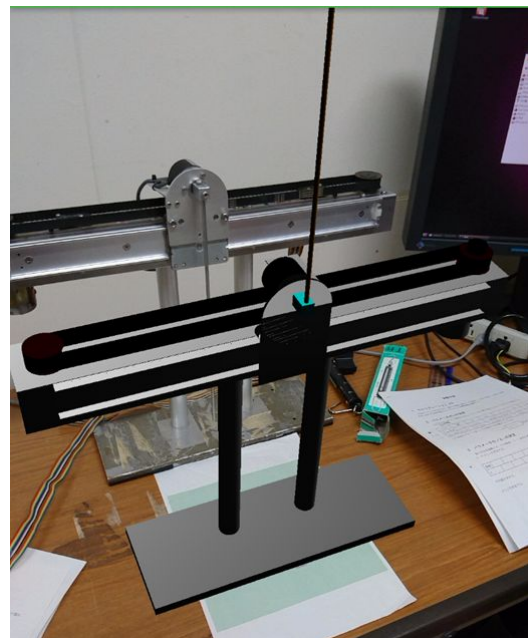


メガネ型ウェアラブル端末にモデルの付加情報をリアルタイムに映し出すことで、資料を見る手間を省き、作業の効率性を高め、ユーザの負担を軽減できることを確認した。PC 端末や携帯情報端末の画面上に表示されたモデリングやシミュレーションの対象

となるシステムと対応付けられたマーカー画像をメガネ型ウェアラブル端末で見ると、対象となるシステムの3次元画像や付加情報がリアルタイムに映し出されるツールを開発した。PC 端末や携帯情報端末で行ったシミュレーションの結果データをメガネ型ウェアラブル端末と共有することで、3次元アニメーションによる検証も可能である。PC 端末で動作するモデリング・シミュレーションツール上に対象となるシステムのマーカー画像を表示し、メガネ型ウェアラブル端末で見ている様子を以下の図に示す。



シミュレーションの対象となるシステムをメガネ型ウェアラブル端末で見ながら、実験とシミュレーションを同時に実行することで、シミュレーションと実験結果を比較することが可能となった。メガネ型ウェアラブル端末で対象となるシステムの実機を見ている様子を以下の図に示す。



オープンな技術を用いてシステムを開発したので、多くの多機能携帯情報端末で使用可能である。また、開発されたシステムはフリーソフトウェアとして配布され、誰でも自由に利用できるのも、専門教育の底上げを図

ることができる。また、研究者間での情報の共有が促進されると期待される。

本研究で開発したツールについては、既にインターネットを介して公開・配布されているが、ドキュメントを整備し、ホームページ等で情報提供を進めていく。今後、通知で扱うデータの種類を増やし、機能を強化していく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計32件)

瀧川文哉、古賀雅伸、拡張現実感技術を用いたロボットの動作検証、第62回システム制御情報学会研究発表講演会(SCI'18)、2018年

Akitoshi Mutsuro, Masanobu Koga, A Numerical Algorithm for Computing Quasi-Weierstrass Form of Descriptor Systems、2017 IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control (CDC2017)、2017年

堤彬、古賀雅伸、スマート端末の通知機能を用いたシミュレーション計算における経過情報の提供、第36回SICE九州支部学術講演会、2017年

Hiromasa Hashimoto, Masanobu Koga, Numerical Computation for Control System Design Using Smart Devices、2017 International Automatic Control Conference CACS 2017、2017年

古賀雅伸、柚木健朗、URDFで記述されたロボットモデルのAndroid端末で利用できる3次元可視化ツール、第59回自動制御連合講演会、2016年

〔図書〕(計1件)

松野文俊、古賀雅伸他、近代科学社、ロボット制御学ハンドブック、2017年、999ページ(353-356)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://jamox.mklab.org/>
<http://jmatx.mklab.org/>
<http://www.mk.ces.kyutech.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

古賀 雅伸 (KOGA MASANOBU)
九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：90251644