

平成 30 年 5 月 29 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12562

研究課題名(和文) システムモデリングツールを利用したシステム思考学習に関する基礎的研究と実践

研究課題名(英文) Fundamental research and practice on learning of system thinking using system modeling tool

研究代表者

南部 陽介 (Nambu, Yohsuke)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：50582392

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：大規模システムの設計開発を短期間かつ確実に実行するためには、設計者の経験・勘や試行錯誤に頼る旧来の方法ではなく、システムズエンジニアリングのような新しい方法論が必要となってくるが、その根幹を為すシステム思考は、工学分野の高等教育においてさえ学習内容として扱われる機会は極めて限定的である。研究代表者らは、システムモデリングツールを開発し、それを利用したシステム思考教育プログラムを実施した。これにより、学習者のシステム思考への理解度の向上が確認できたと共に、フィードバックを元にツールの改善を行った。またツール使用時の眼電位と頭部の動きを計測し、ヒューマンインタフェースとUIの関係への理解を深めた。

研究成果の概要(英文)：In order to execute design development of a large-scale system reliably for a short period of time, a new methodology such as systems engineering is required instead of the old method relying on designer's experience, intuition and trial and error. The system thinking that forms the foundation of systems engineering has extremely limited opportunities to be treated as learning-content even in higher education in the engineering field. Research leaders developed a system modeling tool and implemented a system thinking education program using the tool. As a result, it was confirmed that learners' understanding of system thinking was improved, and we improved the tools based on feedback. Measuring the eye potential and head movement during using the tool, we deepened the understanding of the relationship between human interface and UI.

研究分野：システムズエンジニアリング

キーワード：システムモデリング システム思考 工学教育 ユーザー体験 ヒューマンインタフェース

1. 研究開始当初の背景

航空機、自動車、プラント、携帯電話、情報システム、各種組込システムなど、今日の「システム」は大規模化・高機能化・複雑化の一途をたどっている。一方で、大規模・複雑なシステムの開発でさえ、グローバルな環境下での競争的圧力により、短期間開発や低コスト性が要求されている。大規模システムの設計開発を短期間かつ確実に実行するためには、設計者の経験・勘や試行錯誤に頼る旧来の方法ではなく、システムズエンジニアリングのような新しい方法論が必要となってくる。しかし、システムズエンジニアリングおよびその根幹を為すシステム思考は、工学分野の高等教育においてさえ学習内容として扱われる機会は極めて限定的である。

システム思考とは、全体を要素の集合として捉えるのではなく、ものごとを複数の要素のつながりとして捉え、そのつながりの質や相互作用に着目するものの見方である。研究代表者らは、これまで数年に渡り大学生・院生向けにシステム思考の演習を行ってきた。その演習において、ある製品をシステムとして捉えるべく、背景にある要求や機能について分析を行ったが、多くの学生が要素にばかり着目してしまい、その関係性を正しく理解できておらず、システム思考を実践できていないことを目の当たりにした。特に、要素を洗い出した後に、要素を階層化するところで躓く学生が多く、システム思考学習の壁となっていることが分かった。

一方、研究代表者らが開発しているシステムモデリングツール Balus (Browser-based Assisted Library Universal System design application) を用いたことで、本ツールを利用しなかった年度と比較して学習到達度が向上した。その理由は、リレーショングラフ(要素をノードで表現し、要素間の関係をリンクで表現した図)によってシステムを表現することで、要素間の関係性(およびその不足)に対する視認性が向上するためだと考えている。

2. 研究の目的

以上を鑑み、本研究では、システムモデリングツール Balus を利用したシステム思考の効果的な学習支援システム構築を目指して、次の3点を明らかにすることを目的とする。

1. リレーショングラフ表現による要素間の関係性に対する視認性の定量的評価
2. システムモデリングツールを用いた演習や PBL (Project-based Learning) を通じたシステム思考教育の学習効果
3. 効果的な学習を促すユーザーインターフェース

これまでの教育研究活動により、研究代表者らが開発したシステムモデリングツール Balus は、システム思考の学習支援ツールと

して有効であるという手応えを掴んでいる一方、その理論的な裏付けは乏しい。そこで、本研究では、Balus が提供するリレーショングラフ表現の視認性の定量的評価、BALUS を用いたシステム思考教育の学習効果、学習に効果的なユーザーインターフェースを明らかにすることを目的とする。本研究の特色は、基礎研究の成果をツールに反映させ、教育現場で検証を行うこと、方法論とツールの同時最適化なる新たな研究手法を提案することである。

3. 研究の方法

既存のシステムモデリングツールに対する BALUS の主な特徴は

A) WEB ブラウザを通して動作し、PC へのインストールが不要ですぐに使いはじめることができる

B) 直感的で簡潔な視覚表現および UI により、素早く簡単にシステムモデリングを行うことができる

C) 協働的・分散的にシステムモデリングや設計を進めることができるよう、システムモデルを通じた豊富なコミュニケーション機能を有している

とまとめることができる。

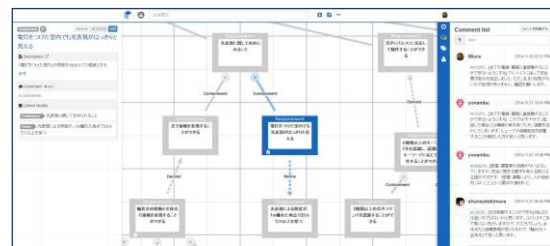


図1 システムモデリングツールの画面キャプチャ

平成 28 年度は、リレーショングラフ表現の視認性の定量的評価を行うための計測システムのフィージビリティ研究、Balus を用いたシステム思考演習、PBL 教育を通じたシステム思考の実践学習およびその一環である超小型衛星のシステム設計を行った。

平成 29 年度は、Balus を用いたシステム思考演習、PBL 教育を通じたシステム思考の実践学習を実施した。また、適宜、研究成果を Balus のユーザーインターフェースに反映させ、ツールの改善と検証を行った。

4. 研究成果

(1) Balus を用いた教育の効果を検証するため、同一の発問から構成される事前アンケートと事後アンケートを用いた評価を行った。アンケートの各設問は表 1 に示すような発問に対する尺度回答と、その根拠や向上した理由を問う記述回答から構成される。

表1 システム思考ワークショップのアンケート

A-1	「システム」とは何か，理解していますか
A-2	ものごとを「システム」として捉えることの意義・利点を理解していますか
A-3	「システム」の要求や機能の関係を整理することができますか？
A-4	論理的に思考することができますか？
A-5	グループで活動したり，他の人と協力して活動したりすることができますか？

図2に事前/事後アンケートの差分を集計した結果を示す。有効回答数は33である。また、No.1, No.2, No.3で「向上した」という結果になったのべ60回答のうち、「向上した理由・タイミング」として「BALUSのコミュニケーション機能」について言及したものが12件あった。

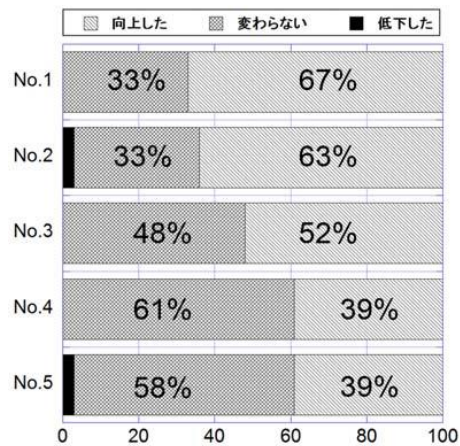


図2 ワークショップのアンケート結果

(2) Balusを操作している際のユーザーの動きを観るために、3点式眼電位センサ、3軸加速度センサ、3軸ジャイロセンサを有するメガネ型ウェアラブルデバイス JINS-MEME とウェアラブルカメラを装着した状態で Balusの基本操作を行い、そのときの加速度、角速度、眼電位を測定した。

まず、実験装置の基本特性を把握するための基礎実験の結果の一部を紹介する。図に、横書きの短い文章を読んだ際の眼電位の履歴を示す。動作の開始時点を特定するために、はじめに瞬きを5回行っている。EOG_Vは垂直方向の眼球の動きに対応する眼電位であり、瞬きに対して大きく反応する。EOG_Hは水平方向の眼球の動きに対応する眼電位であり、文章を読む際に、眼球が左から右に動き、また中央に戻っていく様子が電位の履歴から見て取れる。



図3 横文字を読む際の眼電位測定実験の様子

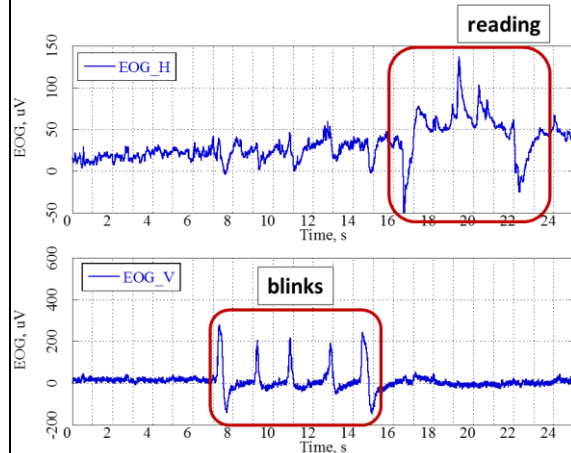


図4 横文字を読む際の眼電位の時刻歴データ



図5 ツール操作時の眼電位測定実験の様子

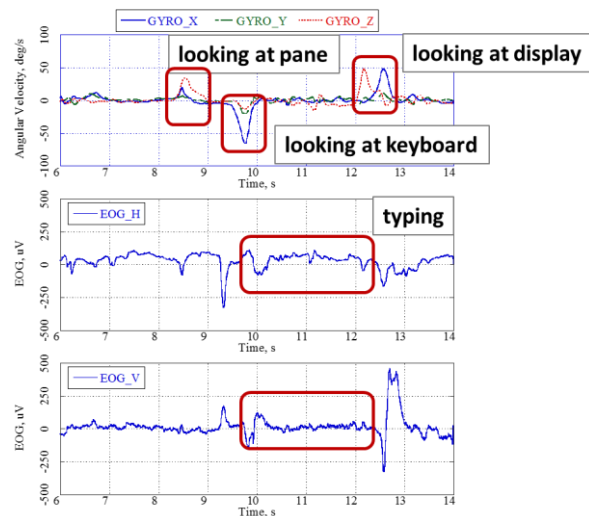


図6 ツール操作時の眼電位の時刻歴データ

次に、Balus を操作時の計測結果の一部を紹介する。図にノード編集時の角速度と眼電位の履歴を示す。眼球よりも頭の動きが支配的であることが分かる。

(3) Balus の開発・運営を担っている株式会社レヴィイに対し、システム思考教育や実践演習を通じて得たフィードバックを提供し、Balus の UI/UX の改善を行った。図 7 に改善後の画面キャプチャを示す。以前の画面 (図 1) と比較すると、ユーザーの動作起点で UI が設計されており、またコントラストを明確化することで、「ユーザーの迷いが少ない」画面となっている。

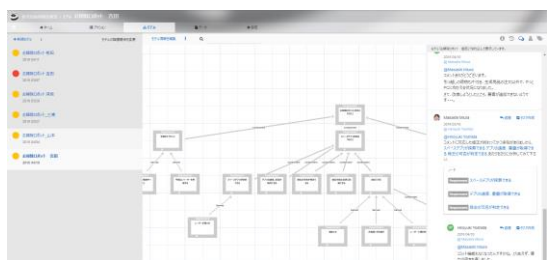


図 7 ツールの画面キャプチャ (UX 改善後)

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 3 件)

- ① Y. Nambu, M. Miura, R. Yoshizawa, T. Hagihara, S. Kimura, A. Yumiyama and S. Igarashi, Development of Open Model-based Collaboration Tool and Application on Nano-satellite Project, Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, 査読あり, Vol.16, 2018, (In press)
- ② 南部陽介, 三浦政司, 萩原利士成, 複雑化する製品開発をいかに円滑に進めるかーモデルベースな設計支援ソリューションの提案ー, 機械設計, 査読なし, Vol.62, 2018, pp.55-58
http://pub.nikkan.co.jp/uploads/magazine_serial/pdf_5a7280a658973-1.pdf
- ③ Y. Nambu, M. Miura, R. Yoshizawa, T. Hagihara, S. Kimura, A. Yumiyama and S. Igarashi, Study on Requirements Analysis and Management of Nano-satellites with Open Modelbased Collaboration Tool, Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, 査読あり, Vol.14, 2016, pp.15-24
https://doi.org/10.2322/tastj.14.Pt_15

[学会発表] (計 6 件)

- ① M. Miura, Systems Engineering Education using Cloud-based and Collaborative Modeling Tool, 8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conference, 2017
- ② Y. Nambu, M. Miura, R. Yoshizawa, T. Hagihara, S. Kimura, A. Yumiyama and S. Igarashi, Development of Open Model-based Collaboration Tool and Application on Nano-satellite Project, The 31st International Symposium on Space Technology and Science, 2017
- ③ Y. Nambu, M. Miura, N. Kogiso, R. Yoshizawa, T. Hagihara, S. Kimura, A. Yumiyama and S. Igarashi, Development of Collaborative Modeling Tool and System Thinking Educational Program for Nano-Satellite Developers, 63th International Astronautical Congress, Adelaide, Australia, 2017
- ④ 三浦政司, 南部陽介, 協働型システムモデリングツールを用いたシステム設計に関する実践教育, 平成 28 年度工学教育研究講演会, 2016
- ⑤ 三浦政司, 南部陽介, 協働型システムモデリングツールを用いたシステム思考教育の実践・鳥取編, 第 4 回イノベーション教育学会, 2016
- ⑥ 南部陽介, 三浦政司, 協働型システムモデリングツールを用いたシステム思考教育の実践・大阪編, 第 4 回イノベーション教育学会, 2016

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<https://levii.co.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南部 陽介 (NAMBU Yohsuke)
大阪府立大学工学研究科助教
研究者番号：50582392

(2) 研究分担者

三浦 政司 (Miura Masashi)
鳥取大学工学研究科助教
研究者番号：80623537

(3) 連携研究者

真鍋 武嗣 (Manabe Takeshi)
大阪府立大学工学研究科教授
研究者番号：50358991

小川 英夫 (Ogawa Hideo)
大阪府立大学理学研究科教授
研究者番号：20022717

(4) 研究協力者