

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 20 日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700466

 研究課題名（和文） 専門医の治療戦略を考慮した知的な適応予測制御による
薬剤投与支援システムの開発

 研究課題名（英文） Development of a drug delivery system based on intelligent adaptive
predictive control and a medical treatment strategy.

研究代表者

柏原 考爾（KASHIHARA KOJI）

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・准教授

研究者番号：40463202

研究成果の概要（和文）：麻酔科医の不足が深刻な問題となり、緊急手術を行えない事態も起きている。本研究では、知的な適応予測制御方式を用いて、薬剤投与作業を支援するシステムの有効性を検討した。構築したシステムでは、数段階先の血圧の予測応答と最適な薬剤入力量をモニタリングしながら、作業員自身が最終判断を行える。初心者による評価実験では、出血等の突発的な事態に対して、本支援システムの有効性が示された。また、医師の左心不全における薬剤治療戦略（複数薬剤投与への対応策等）を考慮したシミュレータを構築した。

研究成果の概要（英文）：Shortage of anesthesiologists is a serious problem in local areas of Japan. Under such a condition, a computer-aided drug delivery system will be effective for the judgment of a human operator. The support system based on intelligent adaptive predictive control can predict future responses to drug infusions, calculate optimal inputs, and represent those values on a monitor. Assessment studies revealed that the support system was able to assist human operators during the control of arterial blood pressure, regardless of sudden disturbance such as bleeding. The effective simulator to control the hemodynamics in heart failure was also constructed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：ユーザ・インタフェース、制御工学、生物・生体工学、認知科学

1. 研究開始当初の背景

全国の医療機関における麻酔医不足が、深刻な社会問題となっている。過疎地域では、医師不足により全身麻酔での緊急手術が行えず、患者の転送を余儀なくされる場合もある。また、麻酔医不足は、地域医療における専門の麻酔医の流動化を促進させ、次世代を担う人材育成の機会を奪っている。

実際に過疎地域等で緊急治療に携わっている執刀医の負担は大きく、単純な医療ミスを招く危険性もある。そのような過酷な勤務状況の中でも、医師は繊細な薬剤治療や麻酔管理を行う必要がある。例えば、薬剤投与による治療中、刻々と変化する患者の容態を見極めながら、出血等の突発的な事態にも素早く対応しなければならない。そのため、忙しい麻酔医の仕事を効果的に補助できる支援シ

システムの構築が望まれる。特に、人工知能を加味した知的な薬剤投与支援システムは、医師の最終判断を素早く補助できる可能性を有する。

2. 研究の目的

本研究では、生命維持に重要な薬剤投与中の循環調節（バイタル管理）に焦点を絞る。麻酔医不足の地域のみならず、経験の浅い医師や研修医でも、一定の治療効果を実現できる知的な支援システムの研究開発を目標とした。

特に、ニューラルネットワークやファジー推論等の人工知能を元に、患者の治療薬に対する応答特性をリアルタイムに把握し、柔軟かつ効率良く血行動態を制御できるように配慮した。本研究では、下記の2点に絞り、研究開発を進めた。

(1) 初心者における薬剤投与支援システムの有効性と突発的な事態に対する対処方法の検討

(2) 医師の複数薬剤を用いた治療戦略（左心不全病態）を反映するシミュレータの開発

3. 研究の方法

(1) 薬剤による医療事故やミスが起こり易い状況を事前に調査し、意思決定支援システムの操作者（初心者）における、薬物動態の学習過程や突発的な状況変化に対する対処方法を検討した。

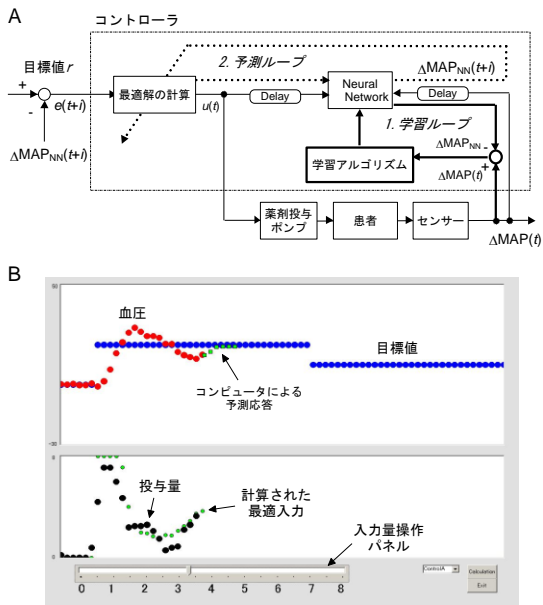


図1. ニューラルネットワークによる適応予測制御を利用した薬剤投与支援システム (A: コントローラの概要, B: 提示画面)

最初に、ニューラルネットワークを用いた適応予測制御による支援システムの有効性を実験により評価した。被験者は、適切な薬剤投与量の決定を支援できるシステムの操作者（7名）と、支援システムを利用しない操作者（7名）の2群に分類した。その後、血圧応答シミュレータ（図1）を利用した比較実験を行った。また、予期せぬ突発的な外乱として、過度な血圧の低下（ -30 mmHg）を想定した。

(2) 左心不全における複雑な薬物動態や治療中に判断ミスが起こり易い状況を想定しながら、専門医の治療戦略を考慮した薬剤応答シミュレータを作成した。具体的には、複数の薬剤を用いた専門医の治療戦略として、①強心剤による心拍出量の確保と、②降圧剤による高血圧の防止を制御目標とするシミュレータを開発した。また、左心不全の薬剤治療データから、複数の薬剤に対する生体（心拍出量と血圧）応答モデルを作成し、薬剤に対する感度や相互作用性等を、シミュレータ上で自由に変更できるように改良した。

4. 研究成果

(1) 支援システムの操作者が初心者である場合を想定して、薬剤応答ダイナミクスの学習過程や突発的な状況変化に対する対処方法を検討した。

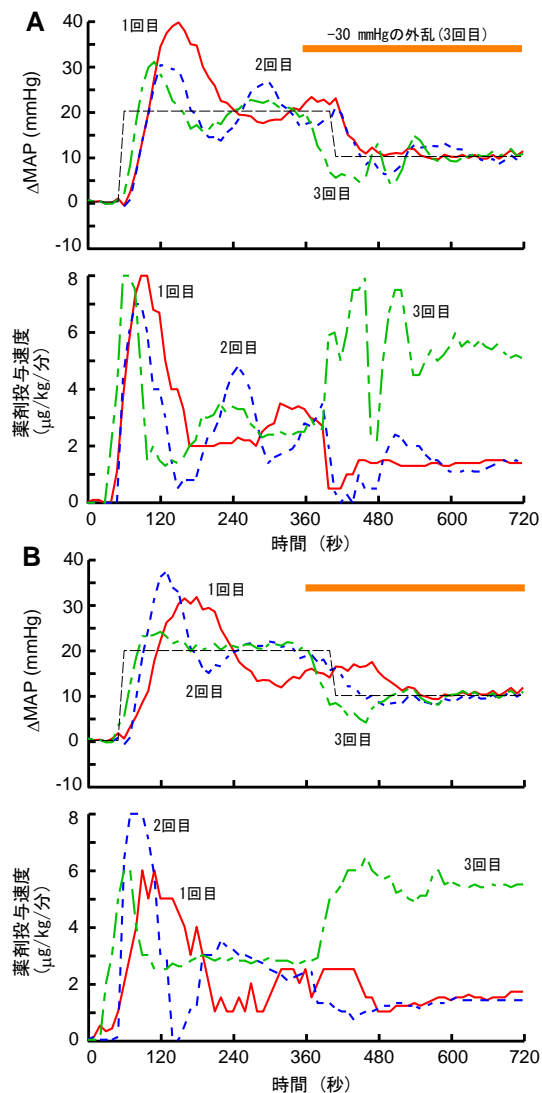


図2. コンピュータ支援群の血圧制御の例 (MAP: 血圧値)

構築した意思決定支援システムを用いることで、初心者でも、予期せぬ緊急事態（ -30 mmHgの血圧低下）に対して、素早く適切な処置を行うこと

ができた(図2)。また、本研究結果を元に、初心者と専門医における突発的な事態への対処法、薬物動態に対する学習過程や意思決定過程の違いを検討した。

(2)ニューラルネットワーク(図3)やファジー推論等の人工知能を用いた知的制御を活用することで、複数の薬剤に対する応答特性を適切に推定し、モニタリングできるシミュレータを開発した。初心者は、本シミュレータを用いて学習することで、最適な薬剤投与量を迅速に判断でき、突発的な事態に対する対処方法を経験できる。また、一定の治療効果を得るためのスキルを早期に得られる可能性が高い。

ニューラルネットワークに基づくシミュレータでは、左心不全の病態を模擬でき、複数の薬剤を使用する際の医師の治療戦略(心拍出量を増加させながら高血圧を防止)を実現できる。また、病態下で刻々と変化する複雑な生体の応答特性や複数の治療薬の使用により生じる相互干渉性を考慮しているため、初心者が専門医の治療戦略を学習する際に有用なシミュレータとなる。実施した制御結果は、コンピュータにより自動評価され、ユーザ自身が制御性能を確認できる。

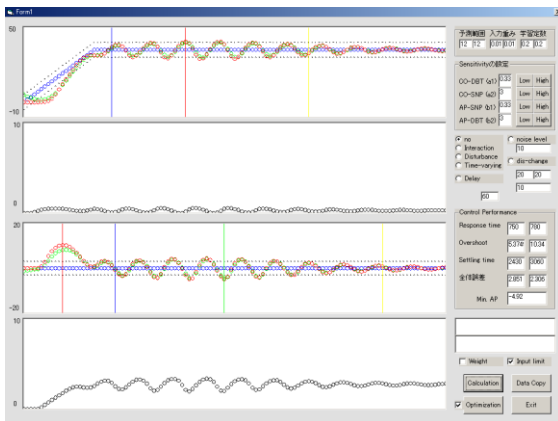


図3. 左心不全病態下での複数薬剤投与による治療シミュレータ(例:ニューラルネットの利用)

さらに、専門医の治療戦略における共通点をシステムに実装しながら、初心者にも操作が可能なエキスパート技術を活かした治療支援システムの構築方法(ファジー推論の利用)を検討した。最終的に、研修医等の初心者が犯しやすいミスシミュレータにより事前に経験できる有用なユーザ・インタフェースを構築できた。これまでの成果に加え、安全性をより向上させる治療支援システムの研究開発が望まれる。

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 5 件)

- ① Koji Kashihara, Emotional attention

modulates microsaccadic rate and direction, Psychological Research, 査読有, Vol. 77, 2013, pp. 1-14 (online)
DOI: 10.1007/s00426-013-0490-z

- ② Koji Kashihara (他 2 名, 1 番目), Automatic system to remove unpleasant images detected by pupil-size changes, International Journal of Computer Science Issues, 査読有, Vol. 9, No. 1, 2012, pp. 68-73

<http://ijcsi.org/papers/IJCSI-9-1-1-68-73.pdf>

- ③ Koji Kashihara, Optimal view angles in three-dimensional objects constructed from plane figures as mental images, International Journal of Human-Computer Interaction, 査読有, Vol. 27, No. 7, 2011, pp. 606-619

DOI: 10.1080/10447318.2011.555301

- ④ Koji Kashihara (他 1 名, 1 番目), Evaluation of task performance during mentally imagining three-dimensional shapes from plane figures, Perceptual and Motor Skills, 査読有, Vol. 113, No. 1, 2011, pp. 188-200

DOI: 10.2466/03.04.22.PMS.113.4.188-200

- ⑤ Koji Kashihara (他 1 名, 1 番目), Evaluation of computer-aided drug delivery system with a human operator, International Journal of Computer Science Issues, 査読有, Vol. 7, No. 5, 2010, pp. 45-50

<http://ijcsi.org/articles/Evaluation-of-Computer-aided-Drug-Delivery-System-with-a-Human-Operator.php>

[学会発表] (計 13 件)

- ① 柏原考爾, Fuzzy-PID 制御を用いた複数薬剤投与システムの検討, 電子情報通信学会 MBE 研究会, 2013 年 7 月 20 日 (徳島大学, 徳島市)

- ② Koji Kashihara, Classification of individually pleasant images based on neural networks with the bag of features, International Conference on Orange Technology (ICOT) 2013, 2013 年 3 月 12~16 日 (National Cheng Kung University, 台南・台湾)

- ③ 柏原考爾, 遺伝的アルゴリズムに基づいた遺跡発掘物の 3 次元復元に関する研究, 日本人間工学会中国・四国支部大会 講演論文集, 2012 年 12 月 15 日 (川崎医療福祉大学, 倉敷市)

- ④ Koji Kashihara, Three-dimensional reconstruction of artifacts based on a hybrid genetic algorithm, 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2012 年 10 月 15 日 (Convention & Exhibition Center, ソウ

- ル・韓国)
- ⑤ Koji Kashihara, Mentally framing a three-dimensional object from plane figures increases theta-band EEG activity, 2012 International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, 2012年2月27日 (Holiday Inn East Taipei, 台北・台湾)
 - ⑥ Koji Kashihara, Semantic categorization of emotional pictures, 2012 International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, Taipei, 2012年2月27日 (Holiday Inn East Taipei, 台北・台湾)
 - ⑦ Koji Kashihara, et al., Estimation of venous shapes acquired from CMOS camera images, Proceedings of the Eighteenth Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2012), 2012年2月2日 (Kawasaki International Center, 川崎市)
 - ⑧ 柏原考爾 他, 微小レベルの映像信号から静脈形状を高精度に推定するための解析手法の検討, 電子情報通信学会 IE 研究会, 2011年10月25日 (一の坊, 仙台市)
 - ⑨ Koji Kashihara, et al., Development of automatic filtering system for individually unpleasant data detected by pupil-size change, Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2011年10月12日 (Hilton Anchorage Hotel, アンカレッジ・アメリカ)
 - ⑩ Koji Kashihara, et al., An analytical method for face detection based on image patterns of EEG signals in the time-frequency domain, Workshop on Brain-Machine Interfaces, 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2011年10月10日 (Hilton Anchorage Hotel, アンカレッジ・アメリカ)
 - ⑪ 柏原考爾 他, 時間-周波数領域における脳波信号の画像特徴量に基づいたBMI解析手法の検討, 第26回生体・生理工学シンポジウム, 2011年9月22日 (立命館大学, 草津市)
 - ⑫ 柏原考爾 他, 瞳孔面積の変化に基づいた不快画像フィルタリングシステムの検討, 第26回生体・生理工学シンポジウム, 2011年9月22日 (立命館大学, 草津市)
 - ⑬ Koji Kashihara, Effects of computer-aided drug delivery system with adaptive predictive control by human operators, 2010 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2010年10月13日 (Harbiye Military Museum and Cultural Center, イスタンブール・トルコ)

[その他]
ホームページ等
<http://pub2.db.tokushima-u.ac.jp/survey/person/214639/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柏原 考爾 (KASHIHARA KOJI)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・准教授
研究者番号：40463202

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：