

2012/2015A

厚生労働科学研究費補助金
医療機器開発推進研究事業

医工連携のための医療・工学技術者 Co-education 事業の構築と実践

平成 24 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 松木 英敏

平成 25 年（2013）年 4 月

目 次

I. 総括研究報告

医工連携のための医療・工学技術者 Co-education 事業の構築と実践

松木 英敏 1

【参考資料】 6

II. 分担研究報告17

III. 研究成果の刊行に関する一覧表89

IV. 研究成果の刊行物・別刷97

I . 総括研究報告

厚生労働科学研究費補助金（医療機器開発推進研究事業）
平成 24 年度 総括研究報告書

医工連携のための医療・工学技術者 Co-education 事業の構築と実践

研究代表者 松木 英敏 東北大学大学院医工学研究科 教授

研究要旨

東北大学においては早くから、医工連携の高度化の鍵は既存の社会人技術者の再教育により、我が国が誇る広範な分野のものづくり技術を医工関連産業へ発展させることにありと考へ、2003 年から社会人技術者を対象とする医工学再教育プログラム（医療工学技術者創成のための再教育システム- REDEEM: <http://www.redeem.jp>）を開発実施している。この REDEEM では8年間で約500名以上の社会人技術者に対して、基礎の生物学・医学から臨床医学・医工学を実際に受講者が手を下す実験・実習を通じて体得させている。すでに大きな成果があがっているが、講義・実習内容の高度化および医師・医療技術者との協働体験が強く求められている。

そこで本研究では東北大学大学院医工学研究科、医学系研究科、工学研究科等における医工学関係教員の協力を得て、若手医師・医療技術者および社会人工学技術者の医工連携人材教育の高度化を目指す。そのため、これまで実施することがなかった医師・医療技術者と工学技術者がチームで問題解決に当たる Co-education 型の教育を実施する。REDEEM などの基礎医工学教育修了者を対象としたエクステンションコースを開発して確立する。コース内容は、1) 講義: Problem based learning として内科症例、外科症例、画像解析・診断（放射線・超音波）、カンファレンスおよび最先端医療技術に関するトピックス講義、2) 実習: 課題として我が国において欧米諸国と比べて立ち後れが著しい治療機器の開発に役立つ実地の技術（大型動物を用いた手術手技の習得や、内視鏡手術の実践など）の体験、またこれからの医療技術として注目されている遺伝子治療の理解を深めるための細胞・小動物に対する遺伝子導入を経験させる。

我が国は治療機器の開発において欧米諸国と比べて著しく後れをとっているが、既存の社会人技術者養成プログラムに加えて、本研究における Co-education 型人材育成プログラムを実施することにより、医学・工学技術者の双方向理解に基づく医工学連携人材を輩出し、我が国発の新しい治療機器の開発の強力な原動力になることが期待される。

なお実習に用いる動物については動物愛護の観点から、諸法令にもとづき、本学が定める規則に従い、十分な配慮を実施する。

研究分担者氏名・所属研究機関名及び
所属研究機関における職名

山口 隆美・東北大学・教授
福田 寛・東北大学・教授
佐藤 正明・東北大学・教授
梅村 晋一郎・東北大学・教授
高橋 明・東北大学・教授
吉澤 誠・東北大学・教授
早瀬 敏幸・東北大学・教授
谷内 一彦・東北大学・教授
福島 浩平・東北大学・教授
鎌倉 慎治・東北大学・教授
川瀬 哲明・東北大学・教授
出江 紳一・東北大学・教授
金井 浩・東北大学・教授
永富 良一・東北大学・教授
山家 智之・東北大学・教授
阿部 高明・東北大学・教授
大隅 典子・東北大学・教授
西條 芳文・東北大学・教授
小玉 哲也・東北大学・教授
小野 栄夫・東北大学・教授
田中 徹・東北大学・教授
吉信 達夫・東北大学・教授
芳賀 洋一・東北大学・教授
松浦 祐司・東北大学・教授
田中 真美・東北大学・教授
武田 元博・東北大学・客員教授
神崎 展・東北大学・准教授
金高 弘恭・東北大学・准教授
渡邊 高志・東北大学・准教授
平野 愛弓・東北大学・准教授
川下 将一・東北大学・准教授
村山 和隆・東北大学・准教授
太田 信・東北大学・准教授
石川 拓司・東北大学・准教授
長谷川 英之・東北大学・准教授
出口 真次・東北大学・准教授
沼山 恵子・東北大学・准教授
亀井 尚・東北大学・講師
中野 徹・東北大学・助教

A. 研究目的

本研究では、東北大学大学院医工学研究科、医学系研究科、工学研究科等の医工学関係教員の総力を挙げて過去8年間実施してきた社会人技術者を対象とした医工学基礎・応用の再教育システムを補完する社会人技術者と医師・医療技術者の **Co-education** を実現する新たなエクステンションコースを実施することにより我が国医工連携研究・開発のレベルを高めることを目的とする。

3年の間に、1) これまでほとんど実施されてこなかった医師・医療技術者と工学技術者の **Co-education** による課題解決の協働体験の場をつくること、2) 我が国において欧米諸国と比べて立ち後れが著しい治療機器の開発に役立つ最新の実地の技術（大型動物を用いた手術手技や遺伝子治療技術）を経験することを実現する新たなエクステンションコースのカリキュラムや教材などを開発し、実際の教育を通じて確立する。

B. 研究方法

研究2年目にあたる平成24年度は、
a) 医師・医療技術者と工学技術者の課題解決型 **Co-education** 事業の実施期間終了後も開発したプログラムを事業として継続できるように平成23年度に引き続き東北大学星陵キャンパス内の医工学実験棟における実習環境の整備を行った。さらに b) **PBL** 講義プログラムの開発と、大型動物を対象にした外科手術実習・小動物に対する遺伝子導入実習プログラムの開発、c) 新しく開発した **PBL** 講義と大型動物（ブタ）を対象にした内視鏡手術を軸とする診断実習・外科治療実習

のトライアルを実施した。また、d) 動物実験および遺伝子組換え実験を含む実習を実施するにあたり、関連法令・学内規程に従って、教育研修計画を策定し、申請を行った。

(倫理面への配慮)

教育プログラムであるので、実施により研究対象者(受講者)に不利益・危険性が生じることはないが、実験・実習においては不慮の事故の可能性を否定できないので、十分な事前のガイダンス等につとめるとともに、傷害保険への加入を義務づける。教育に使用する臨床材料等については対象患者が特定できないようにするなど十分な配慮を行う。

実験・実習に使用する動物については、動物愛護の観点から、関連法令にもとづき、本学が定める規程に従い、十分な配慮を実施する。

本事業で実施する実習には P1/P1A レベルの遺伝子組換え実験が含まれるが、ヒト由来の遺伝子や病原性・毒性を持つ遺伝子とは取り扱わない。

C. 研究結果

a) 医師・医療技術者と工学技術者の課題解決型 Co-education の柱となる実習環境である、東北大学星陵キャンパス医工学実験棟 1 階の医工学実習室の 2 つの実習環境について整備をすすめた。

- 1) 大型動物(ブタ)を対象にした内視鏡手術を軸とする外科手術環境について、手術台・全身麻酔器・生体情報モニタリングシステム・手術実習用映像システム・音声記録設備等を追加整備した。
- 2) 細胞・小動物への遺伝子導入とその評価を *in vivo* (生体イメージ

ング) ならびに *ex vivo* (蛍光組織標本) で行うための実習環境について、遺伝子組換え操作を行うための安全キャビネットを追加導入した。

b) 分担研究報告書に個別に記載されているとおり、35 名の分担研究者が 34 テーマの医学医療および工学技術に関する 90 分の内容の PBL 講義コンテンツを作成した。また 4 名の分担研究者がブタを用いた鏡視下胆嚢摘出術を軸とする外科治療実習プログラム、遺伝子導入・生体イメージング実習プログラムを作成した。

c) 平成 24 年 11 月 13 日から 15 日の 3 日間に、2 コマの PBL 講義と、診断実習、ブタを対象とする内視鏡手術を軸とした治療実習の試行事業を行った。6 名の医工連携再教育プログラム REDEEM 修了者(企業技術者)と 2 名の若手医師、1 名の医学部 5 年生が参加した。開発した PBL 講義のうち、循環器疾患の診断治療と症例検討として「肺がん術後の経過観察中に呼吸不全が悪化した症例」と、腎高血圧疾患の診断治療と症例検討として「視力障害を伴った重症高血圧の 1 例」の 2 つのテーマを実施した。診断実習としては、超音波検査、血圧測定、聴診、心電図と、シミュレータを用いた静脈穿刺・採血を行った。また、外科の糸結び、人工皮膚を用いた切開・縫合の練習を行ったのちに、内視鏡手術についての講義、内視鏡手術のシミュレータを用いたトレーニングを経て、ブタの麻酔導入からはじまり、腹腔鏡下胆嚢摘出術、開腹下での腸管吻合、開胸による心臓の観察からなる外科治療実習を指導医のもとに実施した。これらのスケジュール、開催風景、ならびに参加者に対するアンケート調査の

結果を、参考資料に示す。

d) 医工学実習室は、学内の専門委員会の審査を経て、手術室側で大型動物（ブタ・ヤギ・ウシ）を、実験室側で小動物（マウス・ラット・ウサギ）を扱うことのできる動物実験室（承認番号：22 医工実-3）、マウス・ラットに対する P1A レベルの遺伝子組換え実験室（承認番号：22 医工組換実-14）として承認済みである。また、ブタを用いた低侵襲外科手術実習も動物実験教育研修計画（承認番号：2012 医工教-1）として承認を受けて実施している。今年度は、小動物への遺伝子導入・生体イメージング実習について、教育研修計画書の策定と申請を行った。

研究成果の刊行に関する一覧には、過去 1 年間の著作・研究論文のうち、本研究に深く関連する 39 編を収録した。

D. 考察

平成 24 年度は Co-education プログラムの実習環境の構築・整備、PBL プログラムおよび実習プログラムの開発、さらに整備構築した環境で、企業からの工学技術者と若手医師等の参加を得て、症例を検討する PBL 講義と大型動物を用いた内視鏡手術を中心とする実習のトライアルを実施した。現役若手医師と工学技術者が協議を行いながら課題解決にあたる実習・PBL 講義中の discussion を通じて、現場医師の感覚、発想法、手際を技術者が目の当たりにすることと、医療機器開発に携わる技術者がどのような点に着目し、課題をとらえるかを医師が理解することがこれまでになく教育効果を生むものと考えている。

実習テーマとして内視鏡手術、遺伝子導入および生体イメージングを実習プログラムとして開発した。テーマ選定はこれまでの社会人技術者の再教育プログラム REDEEM 参加者のアンケートに基づくもので、必ずしも最先端ではないが、内視鏡を用いた低侵襲化治療の体験、および将来必ず導入されることになる遺伝子治療の基礎の理解が可能になると考えた。なおトライアル実習においては、学内審査の手続きのスケジュールの関係で遺伝子導入・生体イメージング実習を実施することはできなかったが、来年度の実施に向けて準備を進めている。

トライアル事業参加者 9 名のうち 6 名は医療機器メーカーの技術者であり、2 名は現役若手医師、1 名は医学生であった。内視鏡手術は視野の確保、腔内でのオリエンテーションの理解が困難であるが、現場の医師が有する解剖学的な理解とイメージが手術実施にあたって重要であることを、内視鏡を通して見えた像と開腹したときに視認した実像のギャップを通して技術者に体験として理解してもらうことができ、本教育事業のねらいの一つは達成できたと考えられた。一方、技術者側には医師が手技やモニタリングの点で苦労している点を認知してもらい、医師との議論を通じて新たな技術的課題への気づきを促し、技術者から医師へのフィードバックによる医師への Co-education 効果も本教育プログラムの重要なねらいであったが、技術者には実習課題の遂行に全力を注いでおり、トライアル実習においてはそのような余裕があるようには見受けられなかった。実習終了後に余裕をもって振り返る、あるいは実習を撮影したビデオの視聴などの実施を次年度以降考慮したい。

一方、今年度導入した手術実習用映像システムにより、狭い内視鏡視野や、執刀者の術野、心電図・心拍数・血中酸素飽和度などの生体モニタ情報、手術室全景などを参加者全員で共有することができ非常に有用であった。

生体への遺伝子導入および導入した遺伝子が転写・翻訳された結果を近赤外領域で生体内で観察する実習は、材料の選定、予備実験等を実施しており、来年度の実習プログラム化を学内審査も含めて準備を進めている。

E. 結論

医師・医療技術者の Co-education に必要な内視鏡手術および遺伝子導入をテーマとする実習環境の構築を行った。PBL 講義コンテンツを集積し、ブタを用いた手術実習プログラムを構築した。PBL コンテンツの一部と手術実習のトライアル実施を行い、Co-education 効果を確認した。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

Kato K, Iwasaki K, Furiya K, Tamura N, Sato T, Takura T, Sato F, and Matsuki H. Decreasing Coupling between Feeding Coils for Functional Electrical Stimulation with Direct Feeding Method. *J. Magn. Soc. Jpn.*, 36, 268-271, 2012.

2. 著書

なし

3. 学会発表

- 1) 岩崎圭祐、小池健太、加藤健太郎、佐藤忠邦、田倉哲也、佐藤文博、松木英敏、「直接給電 FES 用体外装置の形状変化に関する検討」、1H01、平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会、秋田県立大、2012 年 8 月
- 2) 小池健太、岩崎圭祐、加藤健太郎、田倉哲也、佐藤文博、佐藤忠邦、松木英敏、「直接給電 FES 用給電アンテナの出力安定化に関する基礎検討」、1H02、平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会、秋田県立大、2012 年 8 月

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

【參考資料】

厚生労働科研費「医工連携のための医療・工学技術者 Co-education 事業の構築と実践」
H24年度 試行事業 時間割

日程：平成24年11月13日(火)～15日(木)

会場：東北大学 星陵キャンパス 医工学研究科 医工学実験棟

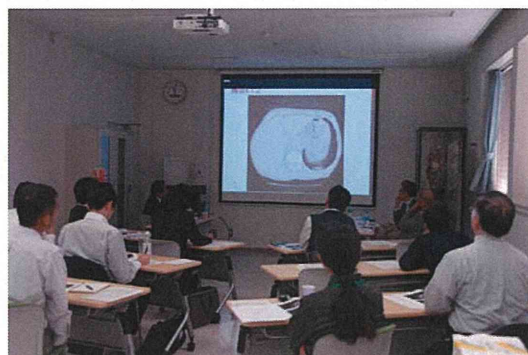
2階 医工学共同講義室・1階 医工学実習室(手術室・実験室)

開講日 時間	11月13日 (火)	11月14日 (水)	11月15日 (木)
	08:45 集合 【2階 医工学共同講義室】	08:45 集合 【2階 医工学共同講義室】	08:30 集合・着替え 【2階 医工学共同講義室】
1時限 9:00-10:40	09:00 開講式・講師紹介・集合写真撮影 PBL 講義(1) 【2階 医工学共同講義室】 臨床診断・治療に関する講義 (循環器系疾患)	09:00 講師紹介 PBL 講義(2) 【2階 医工学共同講義室】 臨床診断・治療に関する講義 (腎・高血圧関連疾患)	09:00 動物実験ガイダンス 09:30 動物実験施設で鎮静薬筋注・搬送 治療実習(2) 【1階 医工学実習室(手術室)】 ・ブタを用いた内視鏡外科手術実習 吸入麻酔開始 酸素飽和度モニター 気管内挿管 静脈ライン確保 (動脈ライン確保) 心電図モニター 鏡視下胆嚢摘出術
2時限 10:50-12:30	 (科目別アンケート)	 (科目別アンケート)	
昼食休憩	12:30 お弁当配布・昼食 講師との懇談 【2階 医工学共同講義室】	12:30 お弁当配布・昼食 講師との懇談 【2階 医工学共同講義室】	12:30 お弁当配布・昼食 13:00 講話 実験動物に対する東北大学の 取り組みについて 【2階 医工学共同講義室】
3時限 13:30-15:10	13:30 診断実習 【2階 医工学共同講義室】 ・画像診断 (echo, CT, MRI, X-ray 等) ・聴診 ・血圧測定	13:30 講師紹介 治療実習(1) 【1階 医工学実習室(実験室・手術室)】 ・内視鏡手術の解説 ・糸結びの練習 ・縫合 (人工皮膚)	13:30 手術実習再開 治療実習(3) 【1階 医工学実習室(手術室)】 ・ブタを用いた外科手術実習 開腹 直視下小腸切除術 (自動縫合器・超音波凝固切開装置) 直視下小腸吻合術(吸収糸・両端針)
4時限 15:20-17:00	 【1階 医工学実習室(実験室・手術室)】 ・採血 (シミュレータ) ・心電図検査	 ・内視鏡操作練習 (LAPCOACHER)	 開胸 心臓の観察 安楽死
	(科目別アンケート) 17:30 解散 【2階 医工学共同講義室】	(科目別アンケート) 17:30 懇親会 19:30 解散 【2階 医工学共同講義室】	(科目別アンケート・全体アンケート) 17:30 閉講式 18:00 解散 【2階 医工学共同講義室】

試行事業 開催風景



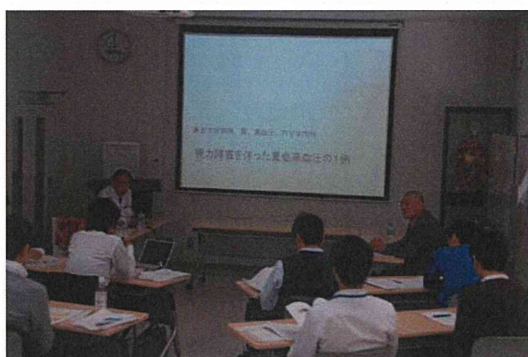
会場：医工学実験棟 全景



< 1 日目・午前 > PBL 講義 (1)
循環器系疾患



< 1 日目・午後 > 診断実習
血圧測定



< 2 日目・午前 > PBL 講義 (2)
腎・高血圧関連疾患



< 2 日目・午後 > 治療実習 (1)
人工皮膚縫合練習



< 2 日目・午後 > 治療実習 (1)
内視鏡手術操作練習



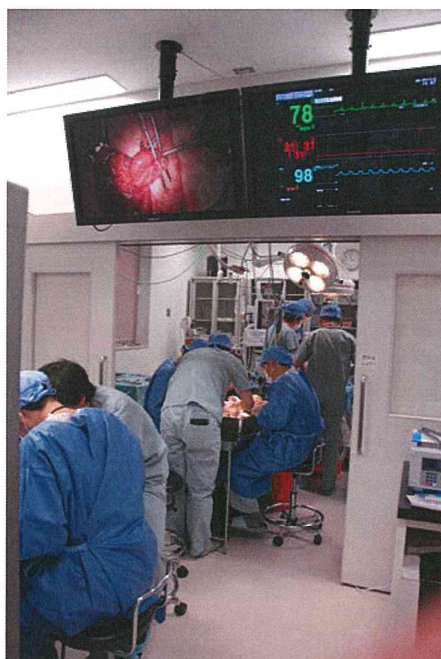
< 3 日目・午前> 治療実習 (2)
腹腔鏡下胆嚢摘出術



< 3 日目・午後> 治療実習 (3)
直視下腸管吻合術



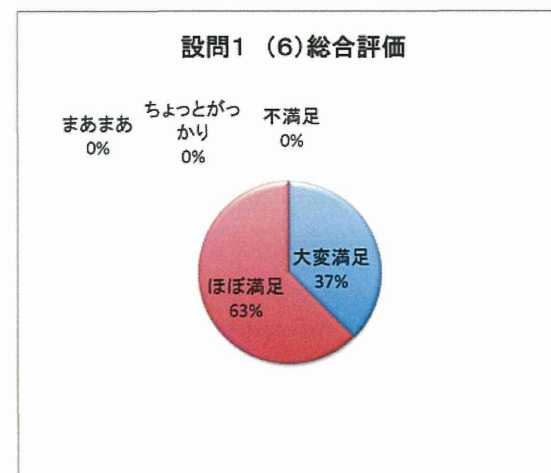
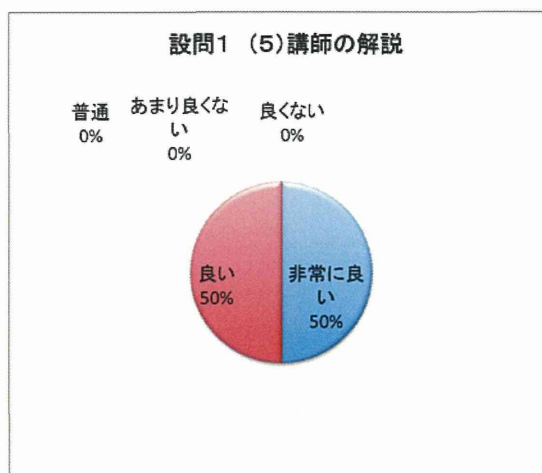
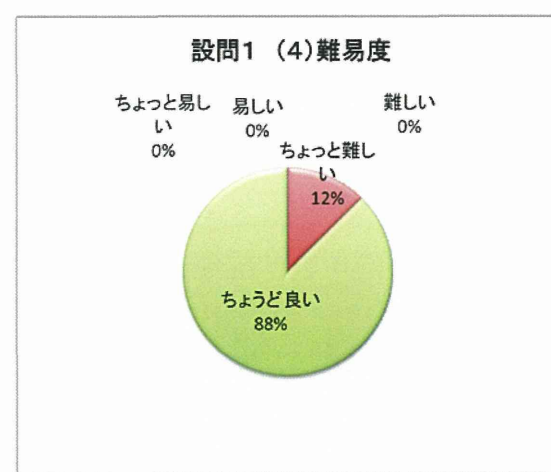
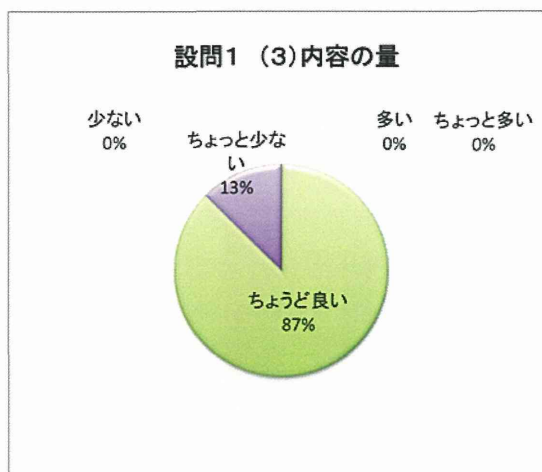
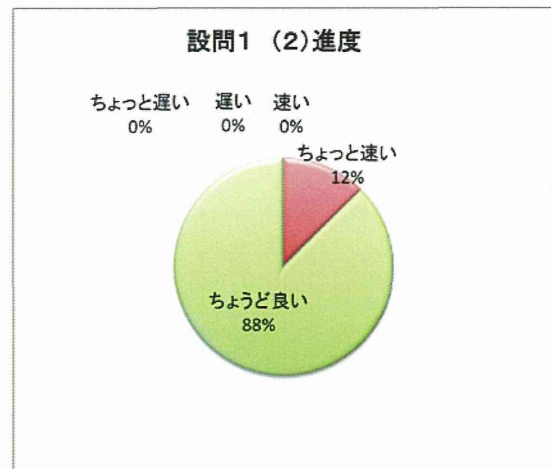
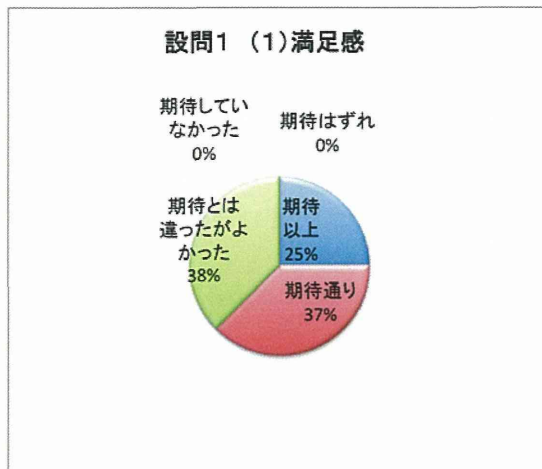
< 3 日目・午前> 治療実習 (2)
天井カメラからの映像
腹腔鏡下胆嚢摘出術中の手術室



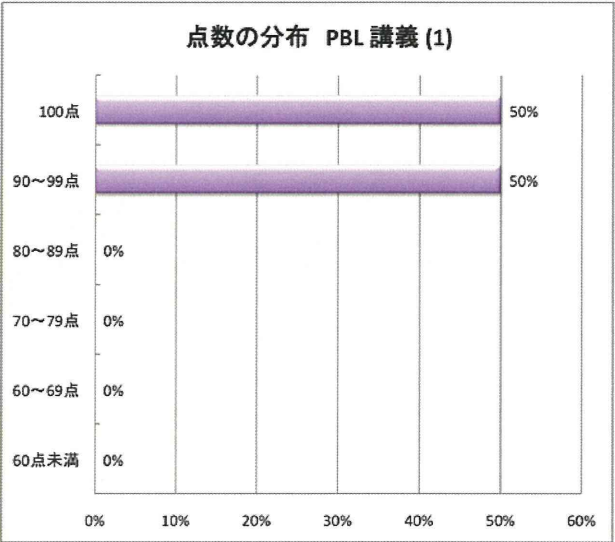
< 3 日目・午後> 治療実習 (3)
手術実習用映像システム
左画面：直視下腸管吻合術野
右画面：生体情報モニタ

科目別アンケート結果：PBL 講義 (1) 循環器系疾患

設問1. 受講者からの評価



設問2. 科目について採点

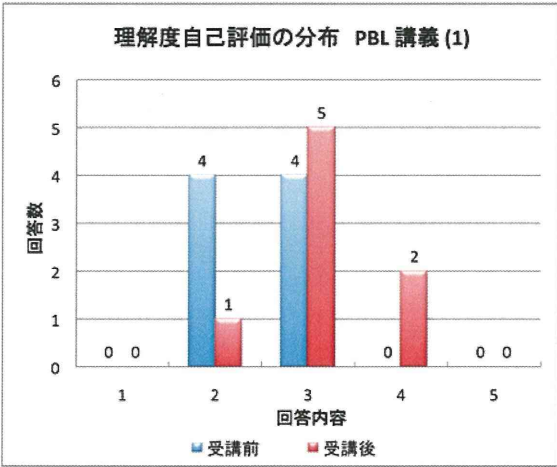
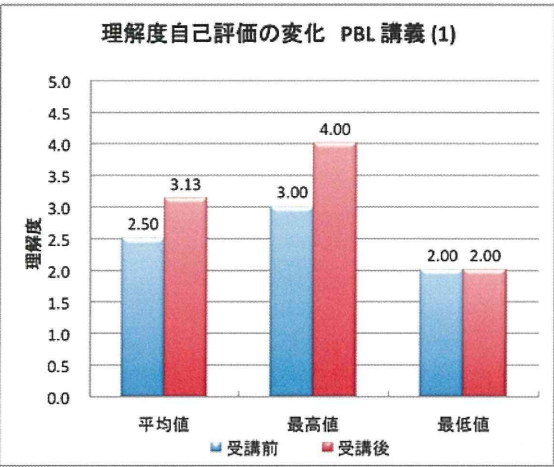


平均点：95.0 点

減点の理由：

- ・あらかじめ資料をいただいて事前に目を通してから参加したいと思いました。
- ・最初講義スタイルにとまどったが進行にしたがって理解した後は講義スタイルが良かったと思えました。
- ・講義の目的・ポイントが少し分かりづらかったです。

設問3 理解度自己評価の変化

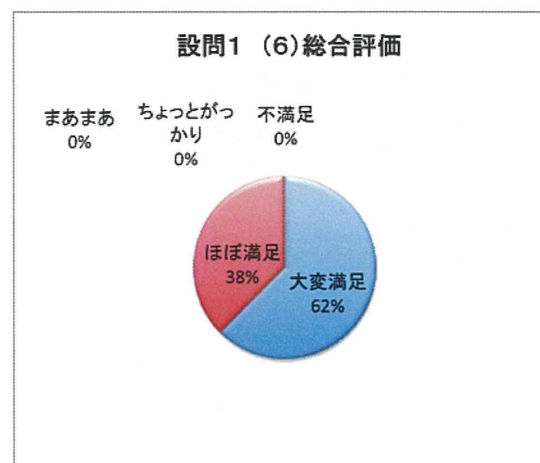
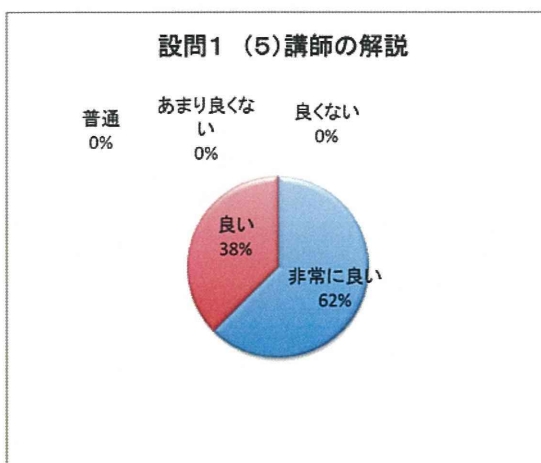
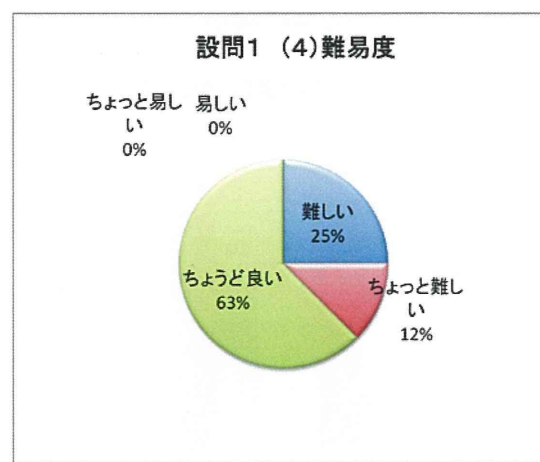
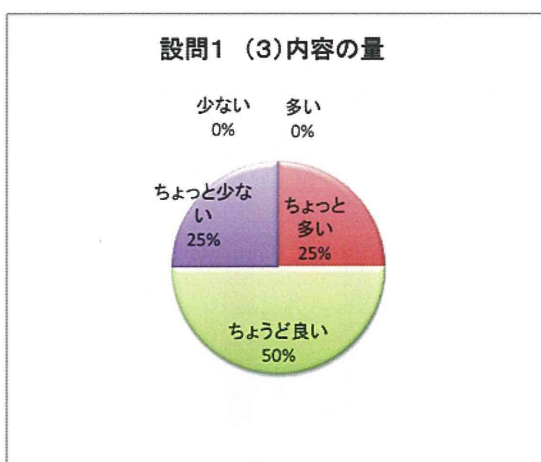
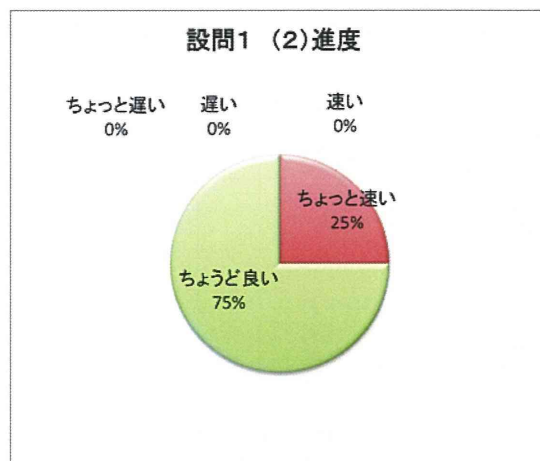
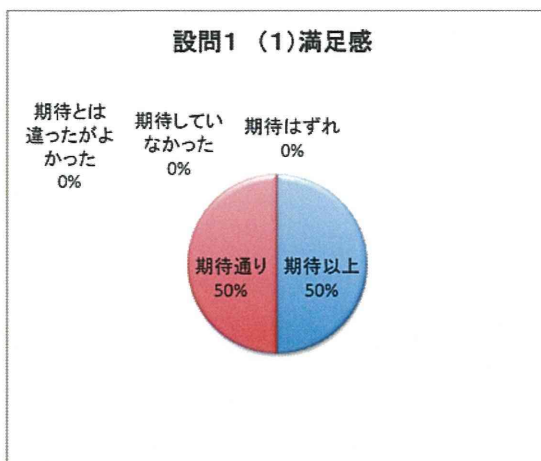


設問4 ご意見・ご要望など

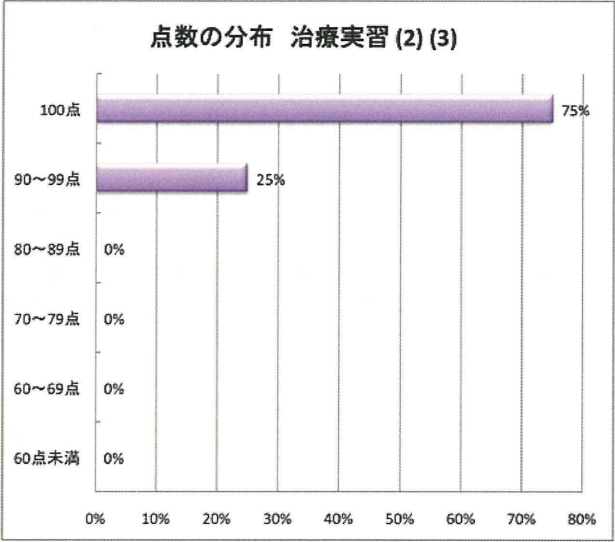
- ・病名を特定するまでのものの見方が理解できました。
- ・講義スタイル、参加討議の説明があればよかったと思える。
- ・臨床医師の素直な意見を沢山聞けてよかった。
- ・医学系の学会を聴講した際に症例説明などがあり分からないキーワードが多く内容を理解する上で壁害になっていたが、本日の講義を受講して少しは内容が理解出来るようになりました。
- ・症例を見て、検査・診察・治療についての講義は分かりやすかった。
- ・正常な機能、働きを勉強してきましたが、病気になってくるとどうなるかというのは症例に学ぶしかないのかと思います。症例を学ぶなかでニーズが出てきて新しい治療、アイデア等がでてくるのではないかと思います。REDEEMの最後の講義は症例検討というのはどうでしょうか。

科目別アンケート結果：治療実習（2）（3）

設問1. 受講者からの評価

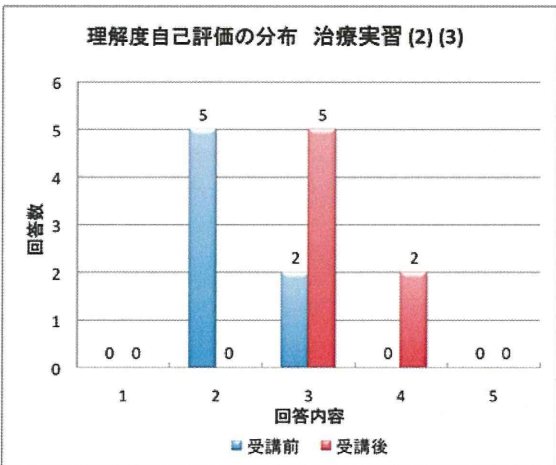
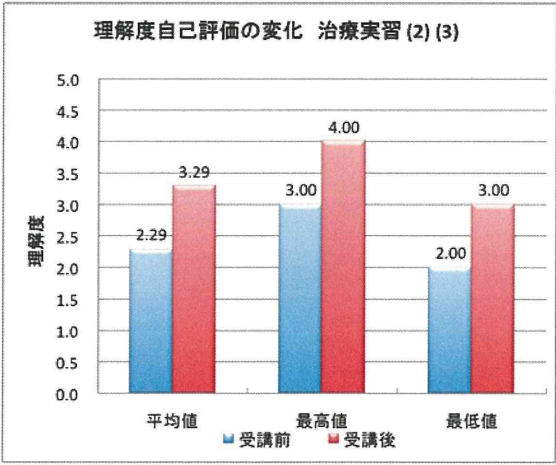


設問2. 科目について採点



平均点：97.5 点

設問3 理解度自己評価の変化

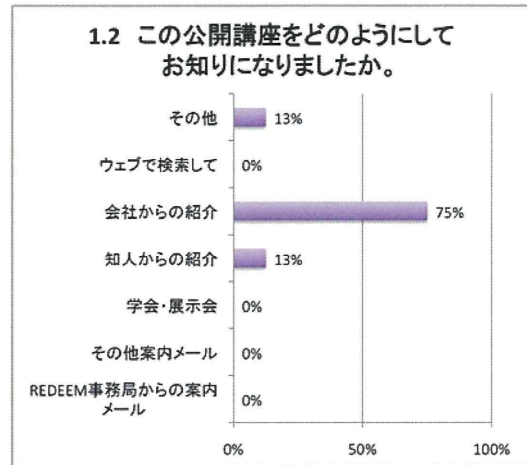
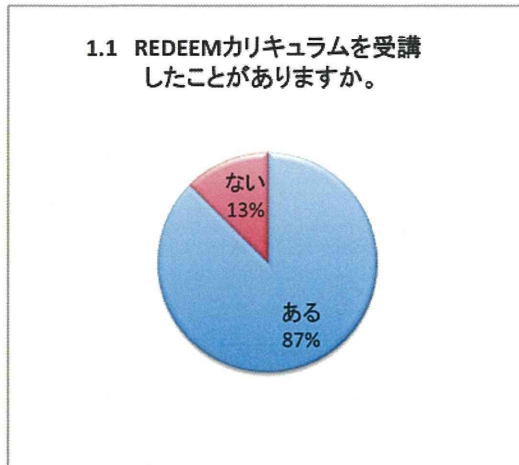


設問4 ご意見・ご要望など

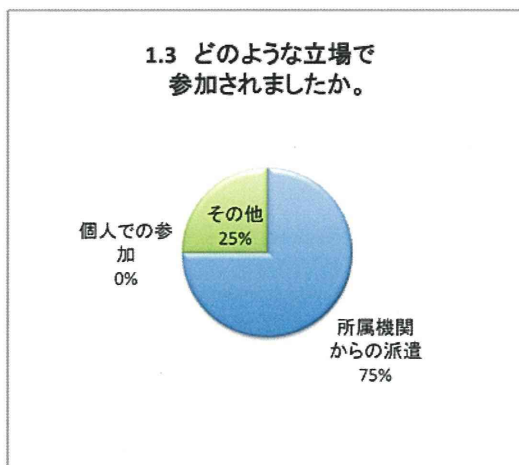
- ・人の操作を見ていても勉強になると思いました。内視鏡下手技は奥行きがわからない、術具の自由度が低いという二重苦でしたが、そのデメリットを術式や経験でよく補っていると思いました。
- ・REDEEM と今回の Co-education 含めて、メインイベントであったこともあり、非常に有益な研修をさせて頂きました。臨床の外科の先生方に貴重なお時間を割いてもらいに丁寧に教えてもらえたことは今後にも財産になりそうです。
- ・ラパ鉗子の使い方をもう少し練習できると良いと思いました。全般的には、大変有意義な内容と思います。
- ・手技自体は大変難易度が高く感じましたが、難しさが分かったことが何より良かったと思っています。良い経験をさせて頂き有り難うございました。
- ・軟性スコープ、カテーテルなども実習を通じて使用してみたいと思いました。臨床の現場の見学もできると良いと思います。診察、治療、オペ、洗浄など。
- ・非常に満足できる内容であり、良い経験が出来ました。
- ・実習中の講師の先生方の解説がとても丁寧でした。使う方と作る方が同一の手術を共有することは、より良い医療機器の開発につながる可能性を感じました。

受講後全体アンケート結果

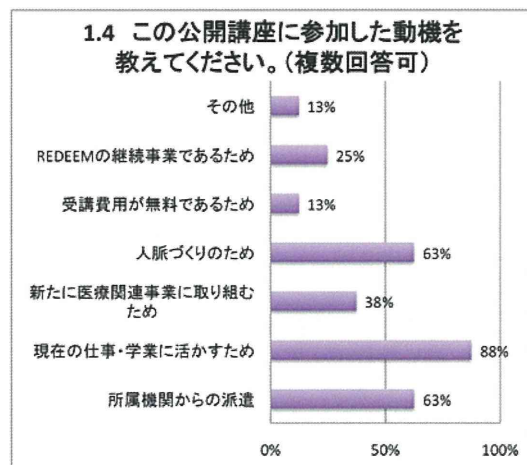
設問1. この試行事業について、お伺いします。



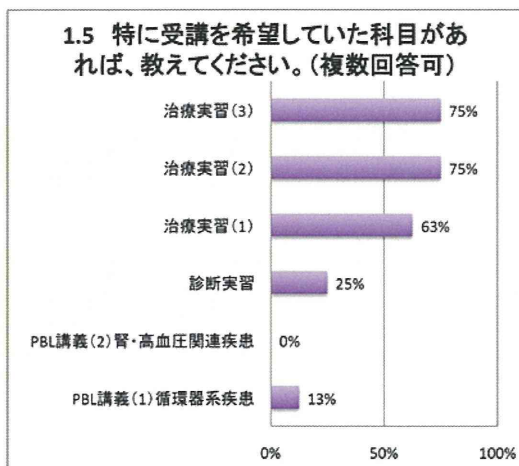
その他：医局から



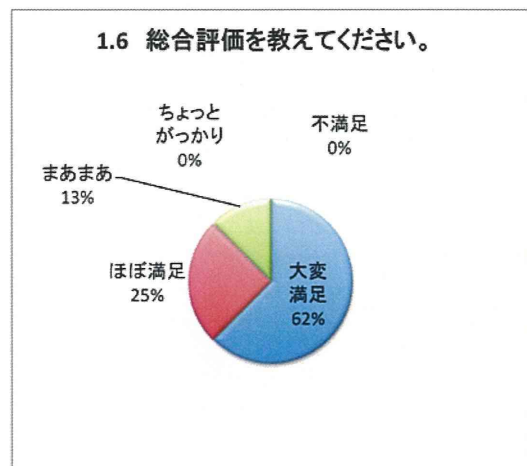
その他：医局から

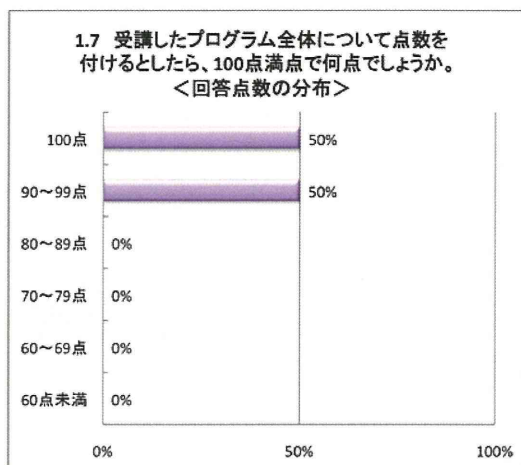


その他：Dr とお話できる貴重な機会であるので。動物を使って Dr から手技を学べる機会であるため(手技の何が難しいのか)



具体的にあれば：軟性スコープでの実習なども受けてみたかったです。医療機器を使った手技について知りたかった。





平均点：95.6点

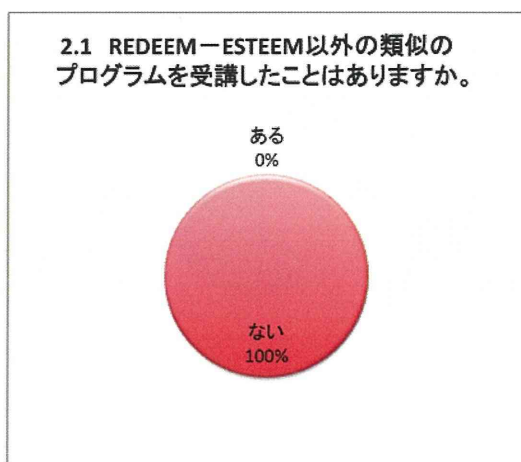
1.8 上記の減点の理由や改善すべき点があれば教えてください。

- ・ 実際の実務経験として実習内容をさらに充実させてほしいと思いました。
- ・ PBL講義については消化器などもっとたくさんの分野があった方がよいと思いました。
- ・ 講義の配付資料はできれば事前にいただけるとよいと思いました。実習の時間がもう少しあると良かったです。
- ・ 今回はCo-educationであったが、工学者から医学者へ還元できることが少なく申し訳なく思った。
- ・ PBL講義の内容は医療事業者以外には難しすぎると思う。おそらく、患者家族や中学生に説明する位の内容で、というのが適切なのではないかと思います。
- ・ 講義が冗長と感ずることがあった。

1.9 今回受講したプログラムについて、良かった点があれば教えてください。

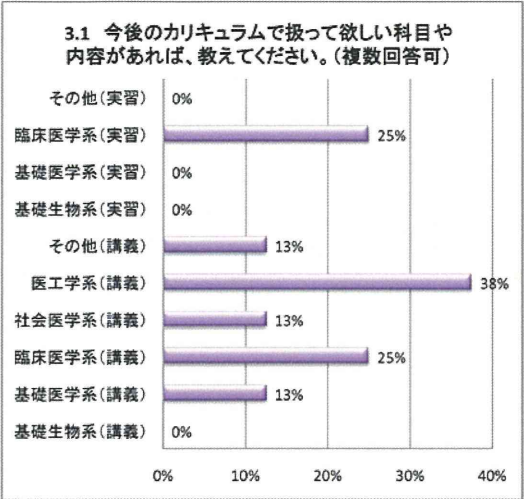
- ・ 最後の実習は非常に良い経験であり、また、今後の医療機器の研究開発に役立つものと思われました。
- ・ 治療実習は貴重な機会になりました。もっと日数があっても良いくらいだと思います。
- ・ 外科の先生方からご指導をいただくことが出来たことです。ご多忙な先生方のお時間を頂戴してご指導頂ける機会はまず無いことなので今回のCo-education事業に参加させて頂くことが出来、本当に良かったと感じております。
- ・ 動物実験での研修は貴重に思います。
- ・ 講師の先生方が非常に熱心かつ工学者へもわかりやすく教えてくれたこと。臨床の若手医師・医学生と共に学べた点は、刺激があった。
- ・ 実習が多かった。
- ・ 講師が複数名である講義形式（雑談にもアカデミックな要素が含まれているため）。進度が遅いこと（エンジニアの考えや疑問が何かがわからないため）

設問2. 類似のプログラムについて、お伺いします。



※ 2.2 ～ 2.6 は、2.1 で「ある」とお答えの方に伺った設問であるため、省略。

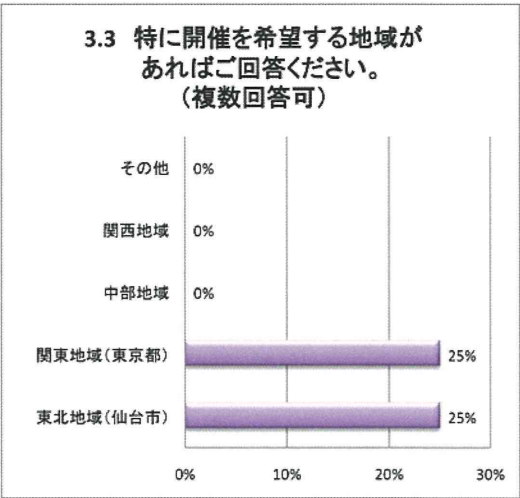
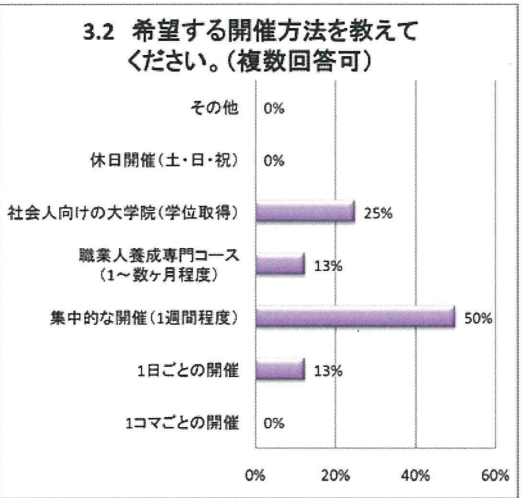
設問3. 今後のカリキュラム開発にあたって、お伺いします。



扱って欲しい内容

臨床医学系(実習) : 外科内科などの実習を通じてDrの課題がより理解できるようなものがうれしいです。
通常のラパの他、辛ルポートもやってみたかった。

その他(講義) : 病院経営
医工学系(講義) : 医療機器に関すること／新規医療機器の臨床研究(治験)紹介／分子動力学
社会医学系(講義) : 保険償還など
臨床医学系(講義) : 腹部疾患の診断についても取り入れていただけると良い／外科総論、低侵襲手術
基礎医学系(講義) : 再生医療



3.4 今後のカリキュラムについて、ご希望やご提案等があればお聞かせ下さい。

- ・ Co-educationという意味で医師の方に有用であったのが気になりました。
(教えていただくばかりで申し訳ない感じを受けました。何かお役に立てることがあればと思います。)
- ・ 次年度も同じ内容で続けていただきたいと思います。
- ・ こうしたカリキュラムが継続されることを願います。

Ⅱ. 分担研究報告

厚生労働科学研究費補助金（医療機器開発推進研究事業）
分担研究報告書

医工連携のための医療・工学技術者 Co-education 事業の構築と実践

研究分担者 山口 隆美(東北大学大学院医工学研究科計算生体力学分野・教授)

研究要旨：

医工連携の実現に向けて、医師および医工学技術者が、医療機器開発のために応用すべき計算生体力学の基本を習得させ、これを、医療機器の開発等に応用するための基礎とするために、相互にその知識と経験を供出して協力する体制を築くための教育方法を検討し、通常の医師が理解できる程度の数学力で計算力学そのものの基本を記述する方法を案出した。

A. 研究目的

本研究は、医師および医療技術者とエンジニアが実習および課題解決型(PBL)セミナーにおいて協働して作業、討論を行うことにより、具体的な医療機器およびシステムの開発に結びつけていくかを理解することを目的としているが、特に本分担研究では、計算生体力学を医療機器等の開発に応用するにあたり、計算力学の基本を理解させる方法の案出をめざす。

B. 研究方法

計算力学の基本を理解しこれを生体問題に適用する能力を涵養するためのPBLセミナーのテーマを構築した。具体的には、一般の臨床医が抵抗なく取り組むことができる高等学校卒業程度の数学で理解できる計算力学の原理の説明方法とこれに基づく計算プログラムの開発方法について検討した。

C. 研究結果

(ア) 計算の原理

有限体積法における保存則の取扱について、微分および積分記号を排除す

る方法について検討した。

(イ) 計算解法

有限体積法において最大の計算時間を必要とする Poisson 方程式の解法について、幾つかの手法をあげて計算プログラムの作成法を含めて検討した。

(ウ) 計算結果の表示と可視化

市販のグラフィックスソフトウェアとのインターフェイスの構築法について検討した。

D. 考察

計算生体力学の基本を偏微分の概念と記号を使用しないで説明することが可能であることを示したが、この結果、式の展開が非常に煩雑となることが問題である。これをさらに理解しやすくするためには、原理およびアルゴリズムの図式的説明を工夫することが必要であることがわかった。

E. 結論

計算生体力学、とくに有限体積法の基本を偏微分の概念と記号を使用しないで説明する方法を案出した。