



Title	医用レーザー分配システムの開発と臨床応用への検討
Author(s)	岡江, 俊治; 石口, 恒男; 石垣, 武男 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(2), p. 173-178
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20713
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

医用レーザー分配システムの開発と臨床応用への検討

名古屋大学医学部放射線医学教室

岡江 俊治 石口 恒男 石垣 武男 佐久間貞行

（平成2年5月11日受付）

（平成2年6月25日最終原稿受付）

The Development of Distribution System for Medical Laser and its Clinical Application

Shunji Okae, Tsuneo Ishiguchi, Takeo Ishigaki and Sadayuki Sakuma

Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine

Research Code No. : 209.4

Key Words : Distribution system, Medical laser, Nd-YAG laser,
Clinical application

We developed a new laser beam generator system which can deliver laser beam to multiple terminals in distant clinical therapy rooms. The system possesses the distribution equipment by which Nd-YAG laser power is distributed to 8 output terminals under the computer control. Distributed laser beam is delivered to each distant terminal with clinical informations through the optical fiber. In the fundamental studies, possibility of distant transportation of laser beam (30 m) only with 10% loss of energy and without dangerous heating at the connection parts was shown. There seems to be no disadvantage associated with distribution laser beam. In the clinical study, the system was applied to five patients with the symptoms including hemospotum, esophageal stenosis, hemorrhage, lip ulcer and pain. Clinical usefulness of the system was proved.

The advantages of the system are as follows: 1. Benefit of cost reduction due to multiple use of single laser source. 2. No necessity of transport of the equipment. 3. No requirement of a wide space to install the equipment in the distant room. 4. Efficient management and maintenance of the system by centralization. Further improvements, e.g., simultaneous use at multiple terminals and elongation of transportation up to 340 m, make the system more useful for clinical application.

はじめに

今回1台の発生装置を移動せずに複数の部所で使用できる分配機能を有する医用レーザーシステムを開発した。そのシステムによる送光、分配等の基礎的検討と臨床応用の可能性についての検討を行なったので報告する。

装置の概要

今回開発した装置は最大出力50WのNd-YAGレーザーと、ガイド光となるHe-Neレーザーの発生装置を内蔵した出力分配システム（LADESE；

富士写真光機）である。

装置内部の概略をFig. 1に示す。この装置ではNd-YAGレーザーは光学系を介して、コンピュータ制御のもとでパルスモーターと高精度送り機構により、複数の出力端子への導光が出来る。

本装置は現在8本の出力端子を有しており、最大8カ所の端末設置が可能である。

患者情報の入力やレーザー出力調節等は、外部装置のコンピュータ制御のコントロールユニットで行なう。出力端子からは光通信用のファイバー

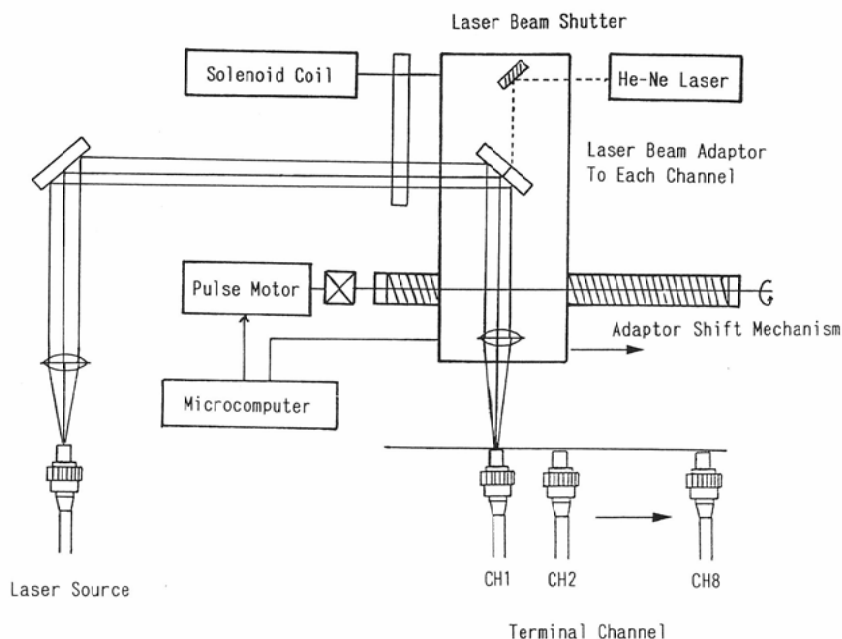


Fig. 1 The structure of distributing system

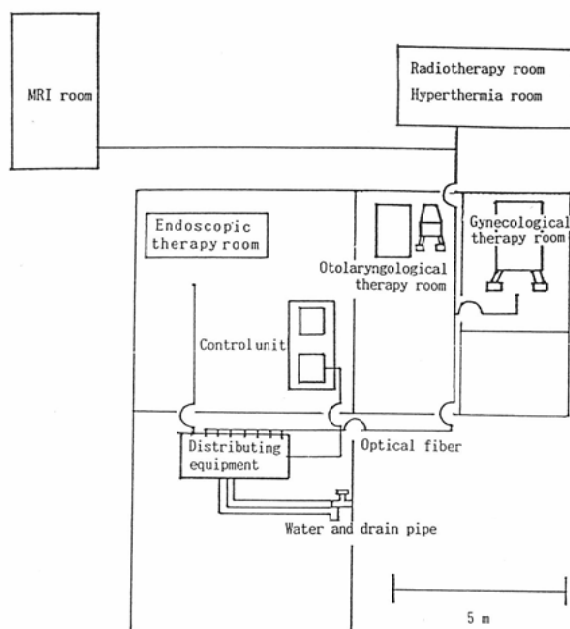


Fig. 2 The system arrangement

療, 婦人科疾患および耳鼻科疾患の診療室, ハイパーサーミア室, 放射線診療室, 磁気共鳴画像診断室へのレーザー送光が可能である (Fig. 2).

方 法

1) 基礎実験

遠距離送光の可能性, 分配に伴う障害の有無についての検討として, 試作した装置の伝送ファイバー導光試験及び端末ファイバーのコネクターにおける発熱試験を基礎実験として行ない, 次いでNd-YAGレーザーによる生体各組織の吸光特性を測定してレーザー光の生体への影響の基礎的検討を行なった. 同時にアルゴンダイレーザー(639 nmの近赤外線)についても同様の検討を行なった. 吸光特性の測定方法は, レンズで集光した光路上に試料を置き, 透過した光強度をパワーメーター(モデル210:コヒーレント社)で計測した.

材料としたのはウィスター系雄の成熟ラットの8臓器と皮膚, 及びガス分析後のヒト動脈血5検体である.

2) 臨床応用

本装置内蔵のレーザーは最大50Wの出力を有することから, 対象とする組織の凝固・蒸散作用

(GI型; 日立電線)を介して, 各診療室や手術室に設置された端末へレーザー光とコントロールデータを伝送する. 現在, 当科では各種内視鏡下の診

Table 1 Tissue characterization of laser beam in rat

organ	Nd-YAG laser			Ar-dye laser			Ref
	Thick	I/I ₀	L	Thick	I/I ₀	L	
Liver	4.5	0.14	5.27	1.8	0.27	3.17	0.16
Skin	1.2	0.54	4.48	1.2	0.35	2.63	0.38
Trachea	1.2	0.53	4.35	0.7	0.43	1.90	0.17
Esophagus	0.5	0.58	2.11	0.5	0.51	1.70	0.19
Heart	2.4	0.39	5.87	2.4	0.36	5.41	0.16
Lung	3.0	0.21	4.43	3.0	0.10	3.00	0.34
Spleen	3.7	0.20	5.29	3.7	0.05	2.84	0.15
Kidney	2.9	0.30	5.55	2.9	0.11	3.03	0.14
Testis	2.5	0.49	8.07	2.5	0.10	2.50	0.45

I/I₀ ; Transmissivity

L ; Extinction length (mm)

Ref ; Rate of reflection

Thick ; Thickness of organ (mm)

Table 2 Tissue characterization of laser beam in human arterial blood with 8.9 mm thickness

Patient Number	Nd-YAG Laser		Ar-dye Laser		Po ₂	Hb
	I/I ₀	L (mm)	I/I ₀	L (mm)		
1	0.13	10.0	0.34	19.0	94.3	13.1
2	0.11	9.28	0.26	15.2	90.8	16.6
3	0.001	2.97	0.003	3.53	81.2	9.1
4	0.01	4.45	0.11	9.28	86.0	11.8
5	0.02	5.24	0.09	8.51	95.7	16.8

Po₂ ; Partial pressure of oxygen

Hb ; Volume of hemoglobin

を目的とした治療と共に、100mW 未満の低出力で、局所刺激による治療促進療法や、疼痛軽減療法への応用も可能である。今回我々は本分配装置

を用いて、5例に対して凝固・蒸散作用による狭窄した管腔臓器の開存と止血療法を3例、治療促進療法を1例、疼痛軽減療法を1例に試みた。その内訳を Table 3 に示す。

結 果

1) 基礎実験

30m の伝送ファイバーの導光試験では出力 5 ~ 45W において、透過率は約 0.9 を示したことから、エネルギー損失は約 10% であった。また端末にファイバーを接続するコネクタでの発熱は、1 個及び 2 個連結した場合では、上昇温度がそれぞれ 14℃、20℃であり、過熱による発火の危険性は認められなかった (Fig. 3)。

各組織の光消散長 (光量が 1/10 になる長さ) は Nd-YAG レーザーで 2 ~ 8mm、アルゴンダイレーザーで 1.7 ~ 5mm であった。また後者の各組織での透過率と反射率を分光計 (MCPD-100 ; 大塚電子) で計測したが、両者には相関はみられなかった。2 種のレーザーともヒト動脈血での透過率は PO₂ や Hb 量とは相関せず、酸化ヘモグロビンの吸光ピークは両レーザーの波長とは一致しない結果を示した。以上の結果を Table 1, 2 に示す。

2) 臨床応用

対象とした 5 例のうち 4 例に有効な治療効果が得られた。その内容を以下に記す。

症例 1. H.N., 60 歳, 女性。

子宮癌の肺転移により咯血を来したため放射線治療が行なわれたが、効果不十分であった。接

Table 3 Case performed by laser beam irradiation

Patient	Primary disease and target	Symptom	Laser dose	Efficacy
1) H. N. 60y F.	Uterine cancer Lung metastasis	Hemoptysis from rt. main bronchus	20W 200J	Effective
2) H. M. 82y M.	Esophageal cancer Esophageal tumor	Dysphagia due to esophageal stenosis	20W 250J	Effective
3) T. M. 46y M.	Rectal cancer (post operation) artificial anus	Hemorrhage from artificial anus	20W 1,500J	Effective
4) S. A. 41y F.	Stevens-Johnson's syndrome, Lip	Lip ulcer	0.1W 72J	No change
5) K. Y. 54y M.	Recurrence of rectal cancer Buttock	Buttock pain	<0.1W <72J	Effective

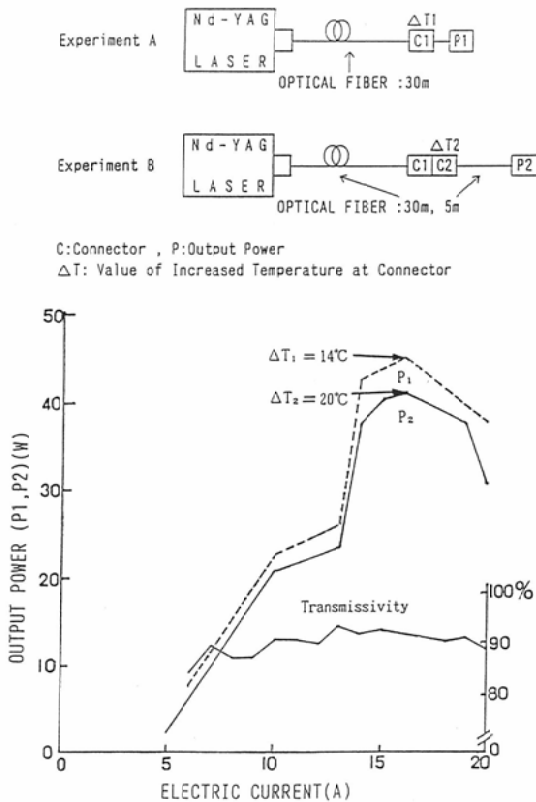


Fig. 3 The transmitting experiment of optical fiber. In experiment B, two connectors were used to elongate the optical fiber. The output power was lower in experiment B than in experiment A. In addition, the temperature of the connector in experiment B was higher than that in experiment A.

触照射用チップを用いて経気管支鏡的に病巣の出血点にレーザー照射を出力20Wで合計2,000J行なった結果、咯血症状は軽減した。

症例2. I.M., 82歳, 男性。

食道癌による胸部食道の全周性狭窄のため固形物摂取や唾液の嚥下が困難であった。

放射線治療が開始されたが、症状改善が予想より遅いため、経内視鏡的にレーザー照射を出力20Wで合計250J行なった結果、狭窄部位の開口が得られた。その後の放射線治療により、固形物の摂取が可能となった。

症例3. T.M., 46歳, 男性。

直腸癌術後の人工肛門からの出血があり、レー

ザー照射を出力20Wで合計1,500J行なった。腫瘍の再発による症状ではなく、体外へ露出した腸管と皮膚との接合部のびらんが原因であったので、容易に止血することが出来た。

症例4. S.A., 41歳, 女性。

Stevens-Johnson 症候群で全身の皮膚や粘膜の難治性潰瘍を来した症例で、特に口唇の潰瘍部に強い疼痛を訴えていた。出力約100mWで2分ずつ3カ所を照射し、それを6回繰り返したが、ほとんど変化なく、治療効果はみられなかった。

症例5. K.Y., 54歳, 男子。

直腸癌の術後局所再発で、骨盤への腫瘍浸潤による殿部から腰部にかけての疼痛の訴えがあった。出力50~100mWで局所の皮膚面へ1回当たり2分ずつ10カ所へ、合計6回行なった結果、除痛効果が得られ、一時的に鎮痛剤の使用量を軽減することが出来た。以上の結果を Table 3 に示す。

考 察

医用レーザーの応用範囲は最近急速に拡大している。治療面では、従来からの眼科領域や外科手術に加えて、皮膚科における血管腫や母斑の凝固昇華¹⁾、尿路結石用破砕器²⁾、歯科領域での応用³⁾、内視鏡下での癌の診断や治療^{4)~6)}、血管形成術⁷⁾⁸⁾、さらに除痛療法⁹⁾にも用いられるようになってきた。しかしながら一般にレーザー発生装置は高価であるにもかかわらず、重量が大であり、高圧電源や、冷却用の給排水設置を必要とし、精密な光学機器を内蔵していること、移動時の振動に弱いこと等の理由により、装置を移動して1台を複数診療科で利用することは現実には困難である。

今回開発した本装置の利点は、

1. 単一レーザー光を多目的に同時利用出来るのでコストの低減化を計れる。
2. 装置を移動しなくてもよいので、省力化が得られる。また装置内の精密光学機器への振動等の影響がなくなって、従来移動のたびに行なった出力等の再調整が不要になる。
3. 端末装置のコンパクト化により、占有床面積の縮小化が計られ、手狭な手術室や検査室等での利用が容易になる。

4. 保守管理の中央化により人員節約と安全性の向上が計れる, 等が挙げられる.

しかしながら一方, 本システムの Nd-YAG レーザー出力は最大 50W であるのに対して, 凝固作用に必要な出力は 20~40W である¹⁰⁾ため同時に複数の端末でレーザーを利用することは現状では困難である. 本システムの特長を生かすためにはさらにこの点の改良が必要である. また今回の基礎的実験結果から伝送用ファイバーの導光試験では, 30m までではエネルギー損失は約 10% と比較的良好であり, この程度ならコネクタの発熱も問題とならない. さらに距離を延長させて遠距離にある診療施設にレーザーを伝送する場合, ファイバーを屈曲させて配置するため接続点となるコネクタが多数になり, エネルギー損失と共にその発熱に対する問題が生じると思われ¹¹⁾, この方面の改良を検討中である. しかし伝送距離に関しては 340m の長尺ファイバーも作製可能であり, 実用化されれば病院内のほとんどの施設で新たなレーザー利用が可能となる.

レーザー光の生体への影響は, 大きく吸収, 反射, 散乱に分けられる^{12)~14)}.

今回のラットの各組織を用いた吸光特性の実験の結果が 10mm 未満の光消散長を示したことから, 組織表面の吸収作用が主体と考えられる. しかし通常 Nd-YAG レーザーの水中の光消散長が約 70mm とされていることと対比すると, 吸収のみならず, 反射, 散乱も大きく生じ, 影響している可能性も考えられる¹⁴⁾.

またアルゴンレーザーの光消散長が Nd-YAG レーザーよりもさらに短いのは組織内に含まれる赤色成分であるヘモグロビンに吸収されるとされているが, 続いて行なったヒト動脈血の実験結果とは一致しなかった. ヘモグロビン自体, 酸化, 還元に関わらず, 吸収スペクトルに差がないものと考えられる. レーザー照射の対象範囲が拡大していけば, それに応じて至適波長のレーザーが求められることになる. そのため波長可変な色素レーザーも本システムに導入する必要がある.

本システムを用いた臨床例の検討では, わずか 5 例の経験ながら, その有効性が示唆された. 今

後さらに症例を重ねて本システムの応用範囲と実用化の上での問題点を検討し, 改良を進めてゆく予定である.

ま と め

1 台のレーザー発振装置から複数の端末へレーザー光を供給できるシステムを共同開発した. Nd-YAG レーザーを 8 チャンネルの出力端子に分配して, コントロールユニットからのデータとともに, 伝送用ファイバーで各端末へ送る.

本システムの特長は,

- 1) 1 台のレーザー装置の多目的同時利用によるコスト低減.
- 2) 装置移動やそれに伴う出力再調整の省略.
- 3) 端末コンパクト化による占有床面積の縮小.
- 4) 保守管理の中央化による省力化と安全性向上, 等である. 伝送ファイバー延長化によるエネルギー損失やコネクタ発熱等の問題については, 今後解決していく必要がある.

本論文の要旨は第 47 回日本医学放射線学会総会 (東京) にて発表した.

稿を終えるに当たり, 御協力を賜りました富士写真光機 の鈴木正根, 小林富美男, 日立電線の高嶋秀之の各氏に深く感謝致します.

文 献

- 1) 長田光博, 森田泰鎮, 宮坂宗男, 他: 形成外科領域におけるレーザー治療, 図説臨床 [癌] シリーズ, 癌とレーザー, 117-129, 1986
- 2) 木村 明, 東原英二, 阿曾佳郎: レーザーによる経尿道的尿管碎石術, 日本レーザー医学会誌, 10(1): 37-40, 1989
- 3) 橋本賢二: 歯科領域におけるレーザー治療, 日本レーザー医学会誌, 9(2): 43-51, 1988
- 4) 三村征四郎, 一居 誠, 奥田 茂: 赤外レーザー内視鏡による胃癌の精密診断, 日本レーザー医学会誌, 9(1): 27-34, 1988
- 5) 小西敏郎, 笹子三津留, 高見 実, 他: 胃疾患に対する Endoscopic Laser Surgery, 外科診療, 33(9): 1169-1174, 1988
- 6) 小野良祐, 池田茂人: 気管, 気管支領域における内視鏡的レーザー治療法, 日本医放会誌, 42: 961-968, 1982
- 7) 竹川鉦一, 淀野 啓, 佐々木泰輔, 他: レーザーによる血管形成術の臨床, 日本レーザー医学会誌, 10(1): 19-26, 1989
- 8) Okada M, Yoshida M, Tsuji Y, et al: Laser angio-plasty with vascular endoscope in the

- fields of the peripheral and the coronary artery.
Lasers 2: 53-60, 1988
- 9) 神川喜代男, 田和宗徳: 低出力レーザーの臨床応用. 3) 鎮痛, 消炎作用, 日本臨床, 45(4): 756-761, 1987
- 10) 久保宇市: レーザー凝固治療. レーザー入門, オーム社, 6章, 101-128, 1985
- 11) 津野浩一, 平本順一, 吉田健一: 光ファイバーの新しい医学応用, 日本レーザー医学会誌, 6(1): 7-13, 1985
- 12) 久保宇市: レーザー光と生体組織. 医用レーザー入門, オーム社, 4章, 69-75, 1985
- 13) 菊地 真, 荒井恒憲: 熱的作用を中心とした生体作用. 図説臨床 [癌] シリーズ, 癌とレーザー, 32-39, 1986
- 14) 菊地 真, 桜井靖久: レーザー光に対する生体反応. レーザーの臨床, メディカルプランニング社, 56-73, 1981
-