OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

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

日本医放会誌：51（2），173—178，1991（平3）

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 developped a new laser beam generator system which can deliver laser beam to multiple terminals in distant clinical therapy rooms. The system posesses 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 hemosputum, 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

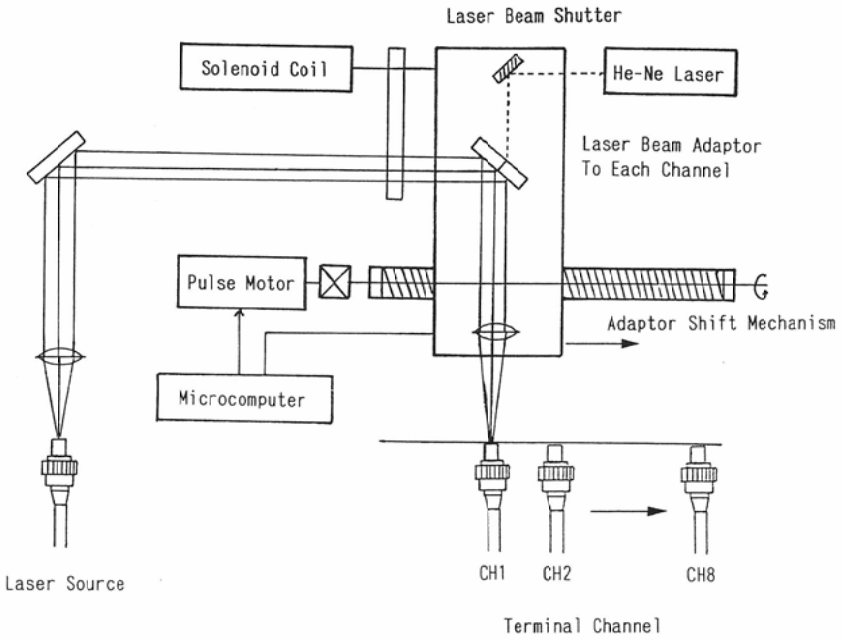

Fig. 1 The structure of distributing system

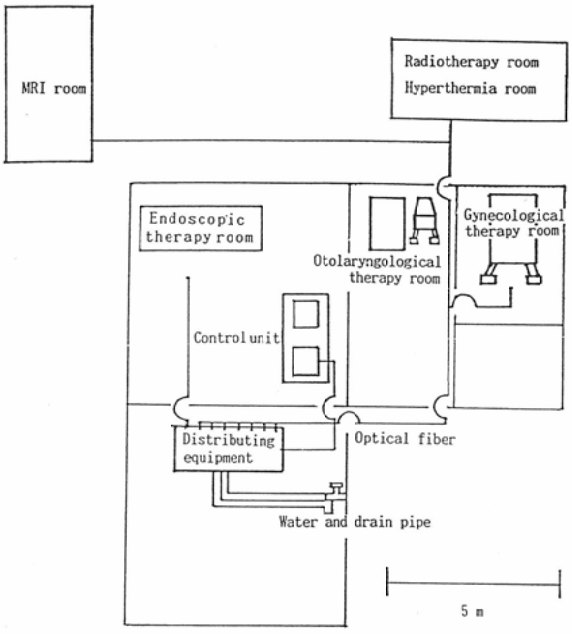

Fig. 2 The system arrangement

(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

Table 1　Tissue characterization of laser beam in rat

organ	Nd-YAG laser			Ar-dye laser			
	Thick	I/I_0	L	Thick	I/I_0	L	Refl
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/I_0 ; Transmissivity
L ; Extinction length (mm)
Refl ; 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

Po_2 ; 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，局所刺激による治癒保進療法や，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，治癒促進療法を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ーでの発熱は，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 PO_2 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喀血を来た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	Hemosputum 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

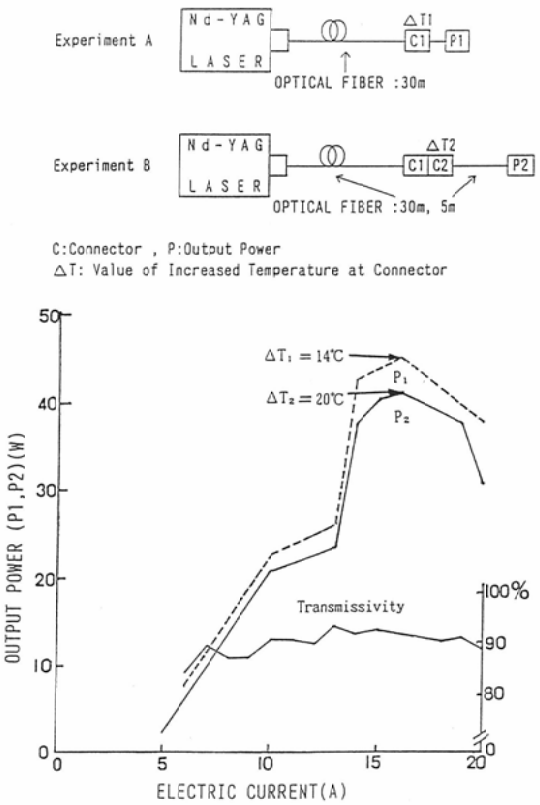

Fig. 3 The transmitting experiment of optical fiber. In experiment B, two connectors were used to elongate the optical fiber. The output power was lower in experiment B than in experiment A. In addition, the temperature of the connector in experiment B was higher than that in experiment A.

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，喀血症状は軽減した．

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たした症例で，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]ため同時刻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ー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ーが多数になり，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ー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，阿曽佳郎：レーザーによる経尿道的尿管砕石術，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