



ワンチップ・マイクロコントローラを用いた回転軸温度情報の光学式非接触データ伝送システムの研究 (第3報)*

— 円筒面からのデータ伝送と非接触給電 —

横山和宏** 永井豊*** 鈴木孝昌†

Optical & Non-contact Data-transmission System of Rotating Spindle Temperature
by Adopting One-chip Micro-controller (3rd Report)

— Data-transmission and Power-supply through Cylindrical Surface —

Kazuhiro YOKOYAMA, Yutaka NAGAI and Takamasa SUZUKI

This paper deals with the optical telemeter system in which data-transmission and power-supply through cylindrical surface of rotating spindle are realized. Data-transmission is carried out by means of one LED on the cylindrical surface of rotating head and enough numbers of PD facing to LED rotational locus. Non-contact power supply is carried out by means of two pairs of coil and ferrite-core arranged on the rotating side and the stationary side respectively. These schemes through cylindrical surface are realized in a demonstration unit to clarify the effectiveness of the newly developed system. The measurement accuracy of the developed system is superior than 0.05°C for 0~50°C range from the view point of temperature change.

Key words: data-transmission, power-supply, cylindrical surface, rotating spindle, temperature, optical telemeter system, micro-controller.

1. 緒言

回転体の温度を熱電対とアンペアで直流電圧とし、これを A/D 変換したデジタルデータを発光ダイオード LED に入力することによって、デジタルデータを光信号として回転体から静止体側に送信する光テレメータシステムを開発^{1)~3)}した。このシステムにおいては、LED は回転体の端面上の回転軸芯あるいは軸芯近くに配置し、これに対しフォトダイオード PD を軸芯近くあるいは回転軸芯上に対向させて配置していた。また、回転体内の電気回路の消費電力を非接触で供給するため、回転体の端面上の回転軸芯に幾何学的中心が一致するように、1組のコイルとフェライトコアを配置し、これに対向させて静止体側に別の1組のコイルとフェライトコアを配置した。静止体側のコイルとフェライトコアから電磁誘導現象を利用し、非接触給電を実現していた。

上記システムでデータ伝送と非接触給電に利用できる回転軸芯の数は、回転体の両端面の2箇所に限定される。しかも、回転軸芯には工具・工具把持用チャック・プラストッドボルト・冷却液供給ノズル・切削液供給ノズル・油圧ジグなどのいずれかが存在することが多い。

そこで、これらの各種機能と共存できるように、光テレメータシステムを改良することにした。すなわち本研究では、回転軸の円筒面において、データ伝送と非接触給電を達成することにする。円筒面は比較的長い場合が少ないので、円筒面からのデータ伝送と非接触給電が可能になれば、これに利用する場所の選定の自由度が増え、光テレメータシス

Table 1 Specification of LED and PD adopted

GaAlAs LED: LN671 (Matsushita Electric Industrial Co. Ltd.)		PD: S6289 (Hamamatsu Photonics Co. Ltd.)	
Peak wave length of light	880nm	Peak wave length of sensitivity	850nm
Rise time	30ns	Rise time	70ns
Fall time	30ns	Fall time	30ns
		With cut filter for visible ray	

ムの適用範囲を拡張できると考えられる。

2. 円筒面からのデータ伝送

2.1 LED・PDの選定

回転軸の端面において、回転軸芯からデータを送信する場合には、必要スペースを小さくするため、配線用端子を含めた必要スペース形状が比較的細長い円柱形の LED を用い、端面に配置したポットコア型の受電用フェライトコア中心部の中空穴に、上記の LED を配置して用いていた²⁾³⁾。しかし、回転軸の円筒面からデータ伝送を行う場合に必要スペースを小さくするには、設置する LED の発光軸が円筒面の半径方向

* 原稿受付 平成 15 年 3 月 3 日

** 正会員 新潟大学工学部 (新潟市五十嵐 2 の町 8050 番地)

*** 学生会員 新潟大学大学院自然科学研究科

† 新潟大学工学部

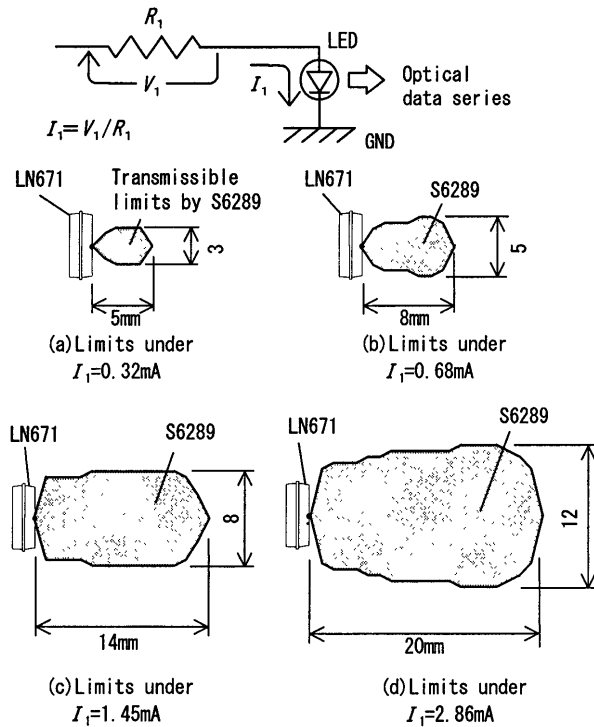


Fig. 1 Optical data-transmission limits (LED:LN671, PD:S6289)

に一致し、その方向の寸法が小さいものを選定するのが適切と考えられる。また、高速のデータ伝送レートを実現するためには、電気信号の変化に追従する発光・消光の応答速度が速いLEDを選定する必要がある。

次に、LEDからの送信光を受光するPDとしては、LEDの場合と同様に応答速度が速いものを選定した。複数のPDを並列に結線しワイヤードORを構成するため、オープンコレクタ出力で、かつ入光時に出力がLowとなるものを選定した。最大感度波長は、LEDのピーク発光波長に近いものとし、照明光の影響を受けないよう可視光カット樹脂でモールドされたものを選定した。このような観点から、表1のLEDとPDを用いることにした。

2.2 LED・PD間のデータ伝送可能範囲

使用するLEDおよびPDには指向特性があるので、表1の両者を用いて、データ伝送可能範囲を調査した。図1上部に示すように、LEDに直列に入れる抵抗を取り替えてLEDへの電流値が異なる場合について検討した。いずれの場合においても、測定フルスケール50°C近くの温度を測定することにより伝送データ列が全て1(High)となるようにし、LEDへの電流が最大に近い状態で、抵抗R1の両端における電位差をデジタルテスタで測定し、図1中の式により計算した電流値をLEDを流れる電流値として表示している。データ伝送可能範囲の調査結果を図1に示す。伝送可能範囲は、表1のLEDの発光面中心Aに対する、表1のPDの受光面中心Bの相対位置であり、図1のハッチングした範囲である。LEDに流れる電流の増加とともに、データ伝送可能範囲が広がっていることが分かる。また、LEDの直近においては、指向性があるのでLEDの光軸に垂直な方向の伝送可能範囲がかなり狭いことがわかる。したがって、LEDとPDを接近させすぎないように注意する必要がある。

2.3 LEDと複数PDの配置

回転円筒面からのデータ伝送を行うには、円筒面上に配置したLEDの回転軌跡の円に対し、同心円上にPDを配置し、図1のデータ伝送可能範囲の内部に、2個以上のPDが存在する必要がある。これら複数個のPDの出力をハードワイヤードOR回路を構成するように結線すれば、少なくとも1個のPDに光信号が入力することによりデータを伝送することができる。

ここでは、同心円上にPDを配置する代わりに、より簡便な方法として図1のLED発光軸に垂直な方向にPDを複数個配置して、データ伝送可能範囲に存在するPDの個数を検討する。表1中の図から、S6289をその幅3.5mmの方向に隣接させて配置するとすれば、伝送可能範囲の幅が3.5mm以上必要である。図1(a)の場合は伝送可能領域の幅が最大3mmなので、この条件を満足していない。図1(b),(c),(d)の場合は、いずれも上記の条件を満足しているので、データ伝送が可能であることがわかる。なお、図1の紙面に垂直方向において、LED発光

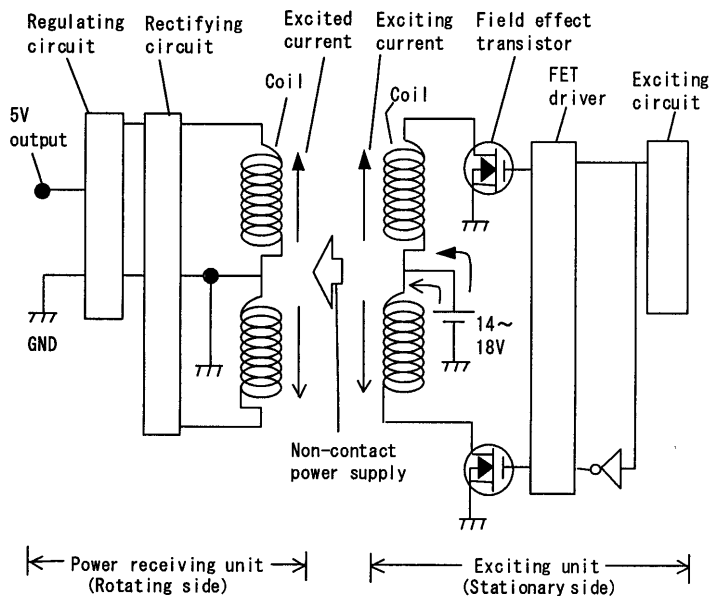


Fig. 2 Non-contact power supply system

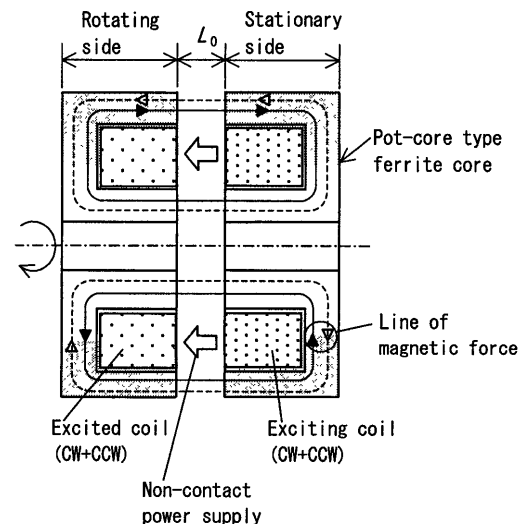


Fig. 3 Non-contact power supply through end surface

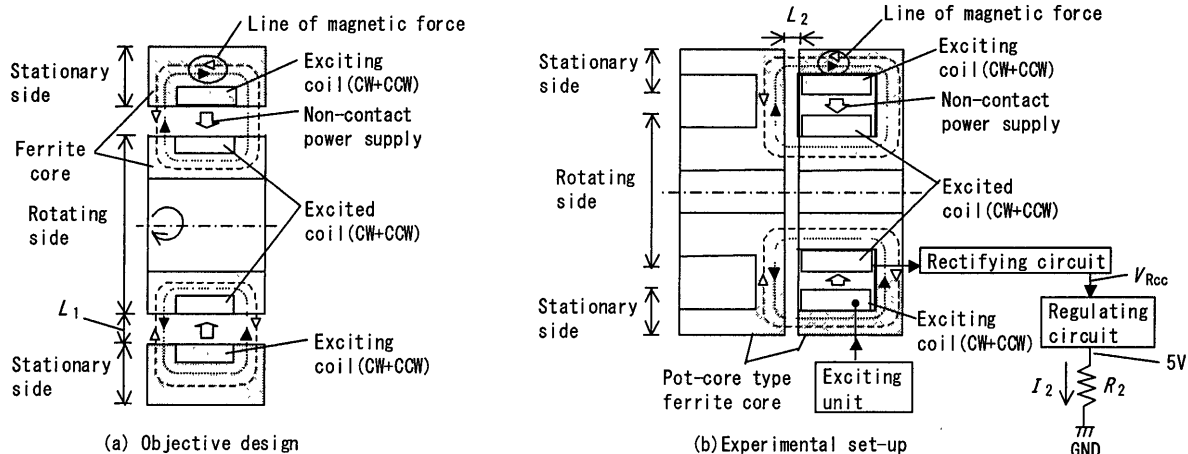
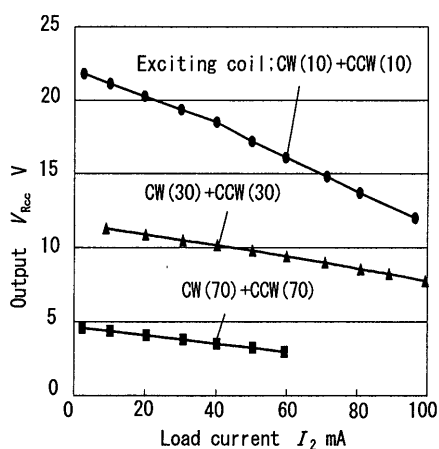
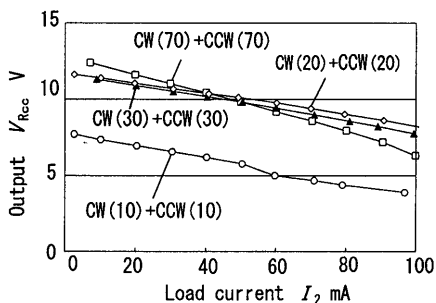


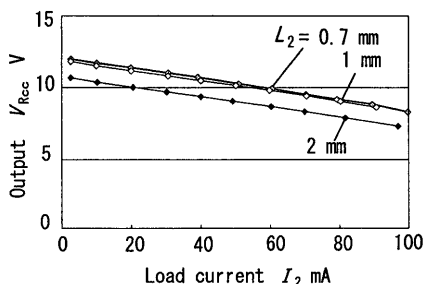
Fig. 4 Non-contact power supply through cylindrical surface



(a) Influence of turn number ratio between exciting coil and excited coil ($L_2=1\text{mm}$)
Excited coil: CW(30)+CCW(30)



(b) Influence of turn number of coil under same number of exciting coil and excited coil ($L_2=1\text{mm}$)



(c) Influence of gap length L_2
Exciting coil and excited coil : CW(20)+CCW(20)

Fig. 5 Characteristics of non-contact power supply through cylindrical surface (Exciting condition: $15\text{V} \times 20\text{kHz}$)

Table 2 Experimental conditions
(Turn number of coil and gap length L_2)

Excited coil \ Exciting coil	CW(70turn)+CCW(70turn)	CW(30)+CCW(30)	CW(20)+CCW(20)	CW(10)+CCW(10)
CW(70)+CCW(70)	$L_2 = 1\text{mm}$			
CW(30)+CCW(30)	1 mm	1 mm		1 mm
CW(20)+CCW(20)			0.7 mm 1 mm 2 mm	
CW(10)+CCW(10)				1 mm

* Voltage of exciting power source : 15V
Exciting frequency : 20kHz

軸と PD 受光軸は一致させてある。

3. 円筒面からの非接触給電

3.1 実験方法

非接触給電システムの基本構成を図 2 に示す。静止体側の励磁ユニットにおいて、発信器で 2 個の電界効果型トランジスタ FET を交互に駆動することにより、励磁側の 2 組のコイルに交互に正・逆方向に電流を流し、交互に磁力線を発生させる。これによる正・逆方向の磁力線の発生と消滅を受けて、励磁コイルに近接して設置した回転体側の被励磁コイルに交互に正・逆方向の電流が流れる。これを整流し、定電圧回路を経由させることにより、回転側に必要な 5V の電圧を生成している。図 2 に示す非接触給電の基本構成は、文献 2),3) のシステムおよび本研究のシステムにおいても共通である。

文献 2),3) のシステムにおいては、励磁側コイルと被励磁側コイルは図 3 に示すように、回転軸芯とコイルの巻き線の中心軸が一致するように、対向させて回転軸の端面から非接触給電している。図 3 の構成で、励磁側巻線 (CW70 巻 + CCW70 巻) ・被励磁側巻線 (CW70 巻 + CCW70 巻) ・励磁用電源 18V ・励磁周波数 20kHz の条件において、回転側電源に必要な 5V が得られる端面間のギャップ L_0 は最大約 3.5mm であった。

ここで新たに検討する、円筒面からの非接触給電の最終的な構成を図 4(a) に示す。円筒面の外側のコイルで励磁し、内側の回転体側のコイルで電力を受け取る。同図の形のフェライトコアは市販されていない。給電のパラメータのうち、数

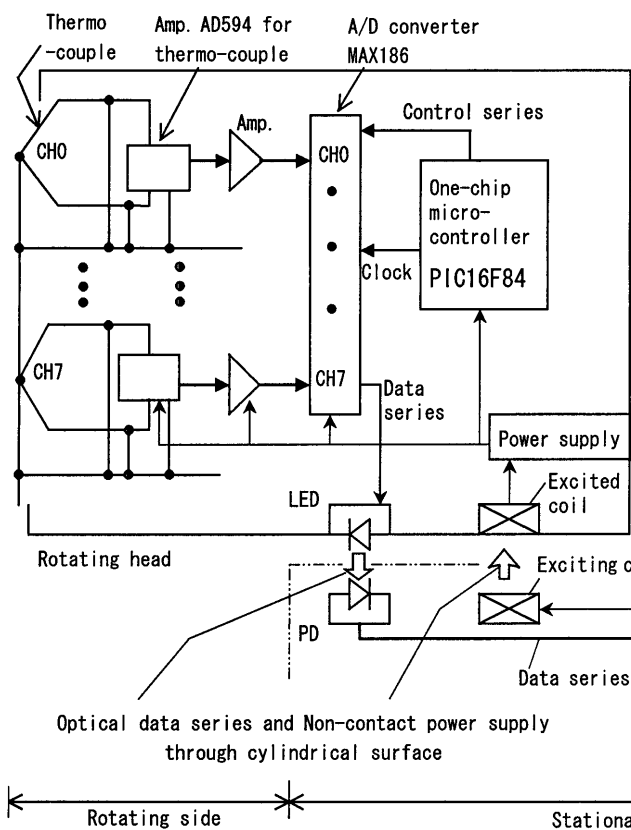
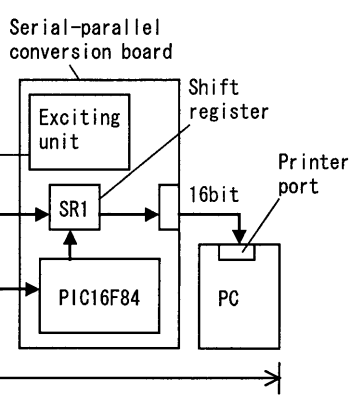


Table 3 Specification of the developed system

Range	0~50 °C
Transmission rate	6,200 data/s (for only one channel)
	8ch × 700 data/s
A/D converter	8ch, 12bit 1LSB ≒ 0.0122 °C
Accuracy	Max. difference in temperature among 7 channels
	0.10 °C
Accuracy	Max. difference in temperature change among 7 channels
	0.05 °C
Power supply	Non-contact supply
Power consumption in rotating head	5 V × (6.5~8) mA

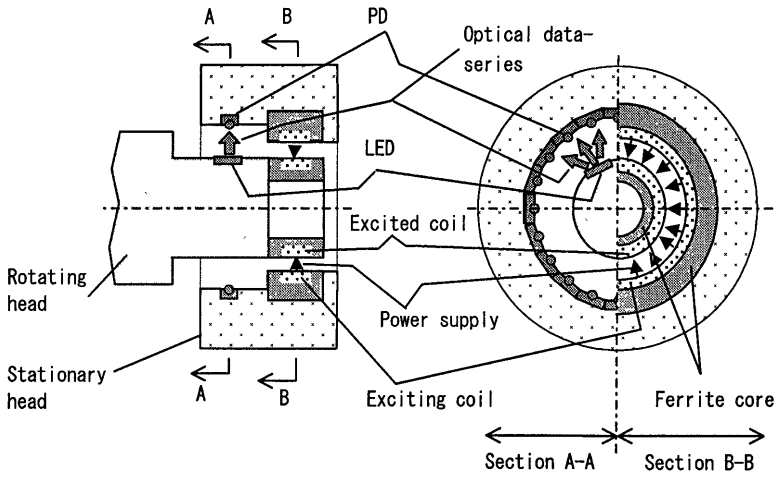


(a) Structure of the system

種類のギャップ長 L_1 およびコイルを収容するためのフェライト空洞部数種類を準備することは容易ではない。これは、フェライトコアの材質が極めてもろく切削が困難であることによるものである。そこで、図 4(b)のように市販のポット型フェライトコアを利用し、パラメータの影響を検討した。磁力線はフェライトコアを通過しやすいが、空気層のギャップ長が長いと磁束の漏洩が多くなり給電効率が低下する。

円筒面からの非接触給電の構成においては、図 4(a)に示すように、磁力線は回転軸を含む断面内で、静止側にある励磁側フェライトコアから回転側である被励磁側のフェライトコアを通過して、正逆方向に交互に発生・消滅を繰り返す、電力を供給する。このとき、静止側フェライトコアと回転側フェライトコアのギャップ長 L_1 が長くなると、磁束の漏洩が多くなり、給電効率が低下する。

他方、図 4(b)に示すように、ポット型フェライトコアを組み合わせた場合、磁力線は図示のようにフェライトコア中を通過すると考えられる。図 4(a)の場合、空気層のギャップ長 L_1 は半径方向の距離であり、図 4(b)の場合の空気層のギャップ長 L_2 は軸芯に平行な方向の距離である。しかし、いずれのギャップも磁力線に沿う方向の距離であるので、磁束漏洩の効果においては、ほぼ同一とみなすことができると考えられる。



(b) Detailed arrangement on data-transmission and power-supply

Fig. 6 Optical telemeter system with data-transmission and power-supply through cylindrical surface

3.2 給電におけるパラメータの選定

図 4(b)の装置に関する実験により、パラメータの影響を検討する。励磁側である外側コイルの巻数と被励磁側である内側コイルの巻数のうち、検討した巻き数の組合わせとギャップ長の条件を表 2 に示す。

被励磁側である回転体側のコイル巻数が CW(30)+CCW(30)と一定で、励磁側である静止体側のコイル巻数が異なる場合の結果を図 5(a)に示す。図 4(b)に示すように、被励磁側の整流回路の出力電圧 V_{Rcc} と定電圧回路に流す負荷電流値 I_2 との関係により、非接触給電の特性を検討する。負荷電流値は抵

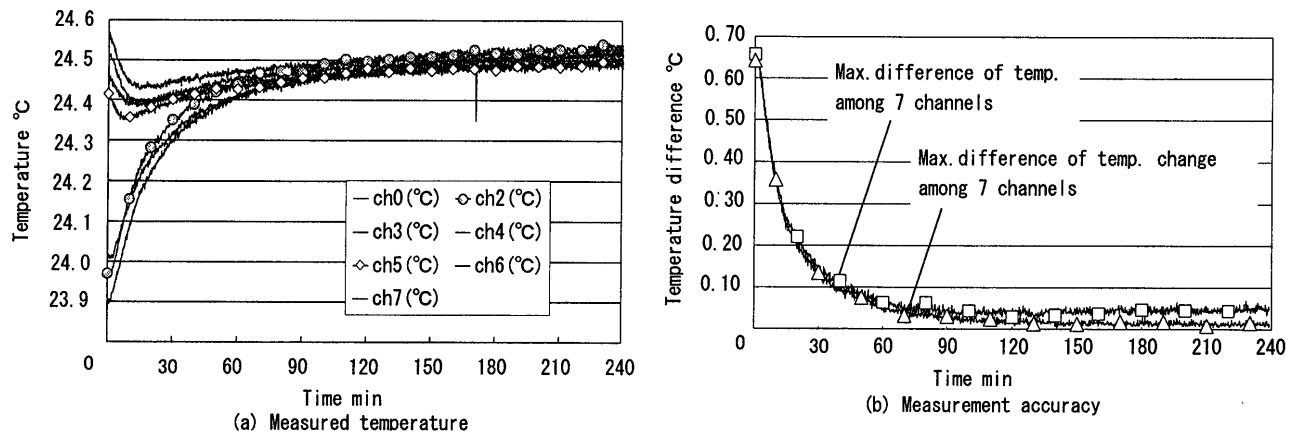


Fig. 7 Measurement accuracy of the optical telemeter system through cylindrical surface

抗を取り替えることにより調整した。本研究のシステムでは、回転側である被励磁側の体積を小さくできることが重要である。図 5(a)からは、被励磁側のコイル巻数に対し励磁側の巻数が多すぎると、十分な電圧が得られないことが分かる。この観点から、励磁側と被励磁側のコイル巻数を同一とした条件において、コイル巻数の影響を図 5(b)に示す。同図から、コイル巻数が少ないと、十分な電圧が得られないこと、およびある巻数以上では巻数によらずほぼ同一の電圧が得られることが分かる。ここで、回転側の体積を小さくできる(CW(20)+CCW(20))について、ギャップ長さ L_2 の影響を図 5(c)に示す。ギャップ長があまり大きくなければ、いずれも十分な電圧が得られることが分かる。

4. 円筒面からのデータ伝送・非接触給電システム

4.1 データ伝送部・非接触給電部の構造

前章までの検討にもとづいて作成したシステムの仕様を表 3 に示す。また、データ伝送部と非接触給電部の構成を図 6(a)に、作成したシステムの具体的な構造の例を図 6(b)に示す。LED は回転ヘッド上に 1 個、この回転軌跡の外側に多数の PD を配置し、ワイヤード OR 回路を形成している。LED と PD 間の距離は 3.15mm、LED への電流は 0.68mA (図 1(b)相当) とした。非接触給電部は、データ伝送部とは回転軸長手方向の別の位置に設けている。コイルの巻数は励磁側および被励磁側のいずれも CW(20)+CCW(20)とし、励磁側と被励磁側間のギャップ長は半径分で 0.5mm とした。励磁条件は 15V×20kHz である。

4.2 システムの測定精度

作成したシステムについて、文献 3)と同様な手順で校正を行った。このシステムを用いて室温の水の温度を測定した結果を図 7(a)に示す。測定開始から、時間とともに各チャンネルの温度がかなり急に変化し、かつチャンネルごとの変化の様子が同一でないのは、電子部品のウォーミングアップ特性が異なることによるものと考えられる。文献 3)と同様なデータ処理により得られたシステムの測定精度として、全 8 チャンネルのうち 7 チャンネル間における温度の最大差と温度変化の最大差を図 7(b)に示す。基準接点補償の精度を向上させ、システムの測定精度を向上させるため、全 8 チャンネルのうち 1 個のチャンネルは基板温度の測定に用いている。文献 3)の図 8 のシステムに比べ、本研究の図 7 に示す温度の最大差

が減少し定常状態になるまでに、より長時間を要しているのは、回転ヘッドをアクリル製にしたので、放熱効果が小さく、回転ヘッドが定常温度になるまでに、より長時間を要したことによるものと考えられる。

5. 結 言

回転する円筒面からのデータ伝送と非接触給電を行う光学式非接触データ伝送システムについて検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 発光ダイオードを回転軸の円筒面に設置し、この回転軌跡の外側にフォトダイオードを複数個設置する。1 個の発光ダイオードからの光が、2 個以上のフォトダイオードで同時に受光可能なように、発光ダイオードの発光強度を調整し、フォトダイオードの出力をワイヤード OR を構成するように結線することで、円筒面からの光学式データ伝送が可能なシステムを作成した。
- (2) 回転体側のコイルに対し、半径がやや大きな近接した位置に巻いた静止体側のコイル巻線に交番の励磁電流を流し、これに誘起される回転体側の電流を整流回路とレギュレータを経由させて定電圧を得る非接触給電を可能とする条件を明らかにした。

謝 辞

本研究に卒研学生として協力していただいた島康介君、橋本敬悟君に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 横山和宏, 鈴木孝昌, 星名浩: 回転軸における温度情報の光テレメータリングに関する研究(第1報 高速多チャンネル光テレメータシステムの開発), 精密工学会誌, **62**, 7(1996)1009.
- 2) 横山和宏, 鈴木孝昌, 小林滋, 松平雄策, 永井豊: ワンチップ・マイクロコントローラを用いた回転軸温度情報の光学式非接触データ伝送システムの研究(第1報 小型化, 小電力化および回路構成), 精密工学会誌, **67**, 12(2001)2037.
- 3) 永井豊, 横山和宏, 鈴木孝昌, 小寺岳彦: ワンチップ・マイクロコントローラを用いた回転軸温度情報の光学式非接触データ伝送システムの研究(第2報 測定精度), 精密工学会誌, **69**, 10(2003)1480.