

徳山工業高等専門学校

# 研 究 紀 要

第 42 号

平成 30 年 12 月

RESEARCH REPORTS

OF

NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, TOKUYAMA COLLEGE

No. 42

December 2018

PUBLISHED BY THE NATIONAL INSTITUTE  
OF TECHNOLOGY, TOKUYAMA COLLEGE

SHUNAN, JAPAN

# 目 次

1-Way versus 2-Way Alternating Multi-Counter Automata with Sublinear Space . . . . .	Tsunehiro YOSHINAGA Makoto SAKAMOTO . . . 1
テープヒータ電力線を利用した非接触給電システムの電磁誘導素子 . . . . .	山田 健仁 岩木 海成 . . . 5
トンネル構造タングステン酸塩 $K_2W_4O_{13}$ の合成とイオン交換生成物 . . . . .	大橋 正夫 . . . 11
病院内清掃従事者の作業特性と身体疼痛の特徴 . . . . .	宇野 直士 田之上 剛 守政 和浩 . . . 17
本校のメール運用状況及び迷惑メール対策の有用性と課題 . . . . .	高木美咲穂 林 嘉雄 鳥居 恵子 新田 貴之 . . . 23

徳山工業高等専門学校

# 研 究 紀 要

第 42 号

平成 30 年 12 月



# 1-Way versus 2-Way Alternating Multi-Counter Automata with Sublinear Space

Tsunehiro YOSHINAGA\*<sup>1</sup> and Makoto SAKAMOTO\*<sup>2</sup>

## Abstract

This paper investigates the difference in the accepting powers between 1-way and 2-way operations of sublinear space-bounded alternating multi-counter automata. For each  $l \geq 1$  and any function  $L(n)$ , let *weak-1ACA*( $l, L(n)$ ) (resp., *strong-2ACA*( $l, L(n)$ )) denote the class of sets accepted by weakly 1-way (resp., strongly 2-way)  $L(n)$  space-bounded alternating  $l$ -counter automata. We show that for any function  $L(n)$  such that  $\log L(n) = o(\log n)$ ,  $\text{strong-2ACA}(1, \log n) - \bigcup_{1 \leq l < \infty} \text{weak-1ACA}(l, L(n)) \neq \emptyset$ . So, we have  $m\text{-1ACA}(l, L(n)) \subsetneq m\text{-2ACA}(l, L(n))$  for each  $l \geq 1$ , each  $m \in \{\text{strong}, \text{weak}\}$  and any function  $L(n) \geq \log n$  such that  $\log L(n) = o(\log n)$ .

**Key Words:** alternating multi-counter automata, multi-counter automata, universal states, sublinear space, computational complexity

## 1. Introduction and preliminaries

A *multi-counter automaton* (mca) is a multi-pushdown automaton whose pushdown stores operate as counters, i.e., each storage tape is a pushdown tape of the form  $Z^i$  ( $Z$  is a fixed symbol). It is shown in Ref. 1) that 2-counter automata without time or space limitations have the same power as Turing machines; however, when time or space restrictions are applied, a different situation occurs (See, for example, Refs. 2), 3)).

From a theoretical point of view, in this paper, we are interested in knowing fundamental properties of alternating mca's (amca's), and especially investigate the essential difference between 1-way and 2-way operations in the accepting powers of amca's which have sublinear space, in correspondence to the result in Ref. 4).

A 2-way alternating multi-counter automaton  $M$  is a generalization of a two-way nondeterministic multi-counter automaton in the same sense as Ref. 5).

The state set of  $M$  is partitioned into *universal* and *existential* states. Intuitively, in a universal state  $M$  splits into some submachines which act in parallel, and in an existential state  $M$  nondeterministically chooses one of possible subsequent actions.  $M$

has the left endmarker “ $\$$ ” and the right endmarker “ $\$$ ” on the input tape, reads the input tape right or left, and can enter an accepting state only when falling off  $\$$ . In one step  $M$  can also increment or decrement the contents (i.e., the length) of each counter by at most one.

For each  $l \geq 1$ , we denote a two-way alternating  $l$ -counter automaton by  $2aca(l)$ . An *instantaneous description* (ID) of  $2aca(l)$   $M$  is an element of

$$\Sigma^* \times \mathcal{N} \times S_M,$$

where  $\Sigma$  ( $\$, \# \notin \Sigma$ ) is the input alphabet of  $M$ ,  $\mathcal{N}$  denotes the set of all non-negative integers, and

$$S_M = Q \times (\{Z\}^*)^l$$

where  $Q$  is the set of states. The first and second components,  $w$  and  $i$ , of an ID

$$I = (w, i, (q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)))$$

represent the input string and the input head position, respectively. The third component  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$  of  $I$  represents the state of the finite control and the contents of the  $l$  counters.  $I$  is said to be a *universal* (*existential*, *accepting*) ID if  $q$  is a universal (an existential, an accepting) state. An element of  $S_M$ ,  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$ , is called a *storage state* of  $M$ .

\*<sup>1</sup> Department of Computer Science and Electric Engineering

\*<sup>2</sup> University of Miyazaki

The *initial* ID of  $M$  on  $w \in \Sigma^*$  is

$$I_M(w) = (w, 0, (q_0, (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l))),$$

where  $q_0$  is the initial state of  $M$  and  $\lambda_i$  ( $1 \leq i \leq l$ ) denotes the empty string.

We write  $I \vdash_M I'$  and say that  $I'$  is a *successor* of  $I$  if an ID  $I'$  follows from an ID  $I$  in one step, according to the transition function of  $M$ .

A *computation path* of  $M$  on input  $w$  is a sequence

$$I_0 \vdash_M I_1 \vdash_M \dots \vdash_M I_n \quad (n \geq 0),$$

where  $I_0 = I_M(w)$ .

A *computation tree* of  $M$  on input  $w$  is a finite, nonempty tree such that the root is labeled by the initial ID  $I_0$ , and the children of any non-leaf node  $\pi$  labeled by a universal (an existential) ID,  $\ell(\pi)$ , include all (one) of the immediate successors of  $\ell(\pi)$ .

A computation tree of  $M$  on input  $w$  is *accepting* if all the leaves are labeled by accepting ID's. We say that  $M$  *accepts*  $w$  if there is an accepting computation tree of  $M$  on  $w$ .

For each storage state  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$  and for each  $w \in \Sigma^*$ , let a  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$ -*computation tree* of  $M$  on  $w$  be a computation tree of  $M$  whose root is labeled with the ID  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$ . (That is, a  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$ -computation tree of  $M$  on  $w$  is a computation tree which represents a computation of  $M$  on  $w$  starting with the input head on the leftmost position of  $w$  and with the storage state  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$ ).

A  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$ -*accepting computation tree* of  $M$  on  $w$  is a  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$ -computation tree of  $M$  on  $w$  whose leaves are all labeled with accepting ID's.

For any function  $L(n)$ ,  $M$  is *weakly (strongly)  $L(n)$  space-bounded* if for any  $n \geq 1$  and any input  $w$  of length  $n$  accepted by  $M$ , there is an accepting computation tree  $\tau$  of  $M$  on  $w$  such that for each node  $\pi$  of  $\tau$  (if for any  $n \geq 1$  and any input  $w$  of length  $n$  (accepted or not), and each node  $\pi$  of any computation tree of  $M$  on  $w$ ), the length of each counter of the ID  $\ell(\pi)$  is bounded by  $L(n)$ . That is, for each  $\alpha_i$  in the ID  $\ell(\pi) = (w, i, (q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)))$ ,  $|\alpha_i| \leq L(n)$  ( $1 \leq i \leq l$ ).

A 1-way alternating  $l$ -counter automata ( $1aca(l)$ ) is a  $2aca(l)$  whose input head cannot move to the left.

For each  $l \geq 1$  and any function  $L(n)$ , let denote by  $weak-2ACA(l, L(n))$  and  $strong-2ACA(l, L(n))$  the classes of sets accepted by weakly and strongly  $L(n)$  space-bounded  $2aca(l)$ , respectively and by  $weak-1ACA(l, L(n))$  and  $strong-1ACA(l, L(n))$  the classes of sets accepted by weakly and strongly  $L(n)$  space-bounded  $1aca(l)$ , respectively.

For any function  $L(n)$ , we denote by  $weak-2ATM(L(n))$  (resp.,  $weak-1ATM(L(n))$ ) the class of sets accepted by weakly 2-way (resp., 1-way)

$L(n)$  space-bounded alternating Turing machines (aTM's). (If necessary, see Ref. 4) for weakly and strongly  $L(n)$  space-bounded 1-way and 2-way aTM's).

Section 2 investigates the difference in the accepting power between 1-way and 2-way amca's with sublinear space, and shows that  $strong-2ACA(1, \log n) - \cup_{1 \leq l < \infty} weak-1ACA(l, L(n)) \neq \phi$  for any function  $L(n)$  such that  $\log L(n) = o(\log n)$ . Section 3 concludes this paper by giving a few open problems.

## 2. Result

It is shown in Ref. 4) that

$$weak-2ATM(\log \log n) - weak-1ATM(o(\log n)) \neq \phi.$$

Therefore, for any function  $L(n)$  such that  $\log \log n \leq L(n) = o(\log n)$ , it follows that

$$weak-1ATM(L(n)) \subseteq weak-2ATM(L(n)).$$

To obtain our corresponding result, we first need the following lemma. From now on, logarithms are base 2.

**Lemma 2.1:** Let

$$\begin{aligned} T = \{ & B(1)\#B(2)\#\dots\#B(n)2wcw_1cw_2c\dots cw_k \\ & \in \{0, 1, 2, c, \#\}^+ \mid n \geq 2 \\ & \& w \in \{0, 1\}^+ \& |w| = \lceil \log n \rceil \\ & \& k \geq 1 \& \forall i (1 \leq i \leq k) [w_i \in \{0, 1\}^+] \\ & \& \exists j (1 \leq j \leq k) [w = w_j] \}, \end{aligned}$$

where for each string  $v$ ,  $|v|$  denotes the length of  $v$ , and for each integer  $m \geq 1$ ,  $B(m)$  denotes the string in  $\{0, 1\}^+$  that represents the integer  $m$  in binary notation (with no leading zeros), so  $|B(m)| = \lceil \log m \rceil$ . Then

- (1)  $T \in strong-2ACA(1, \log n)$  and
- (2)  $T \notin \cup_{1 \leq l < \infty} weak-1ACA(l, L(n))$  for any function  $L(n)$  such that  $\log L(n) = o(\log n)$ .

**Proof:** (1) One can construct a strongly  $\log n$  space-bounded  $2aca(1)$   $M$  which acts as follows. Suppose that an input string:

$$\$ y_1 \# y_2 \# \dots y_n 2wcw_1cw_2c \dots cw_k \$,$$

where  $n \geq 2$ ,  $k \geq 1$ , and  $y_i$ 's,  $w$  and  $w_j$ 's are in  $\{0, 1\}^+$  is presented to  $M$  (Input strings in the form different from the above can easily be rejected by  $M$ ).

It is shown in Ref. 3) that the set  $\{B(1)\#B(2)\#\dots\#B(n) \mid n \geq 2\}$  can be accepted by a strongly  $\log n$  space-bounded 2-way deterministic 1-counter automaton. So,  $M$  can store  $\lceil \log n \rceil$  ( $= |B(n)|$ ) stack symbols in the counter using the initial segment  $B(1)\#B(2)\#\dots\#B(n)$  of the input (Of course,  $M$  nev-

er enters an accepting state if  $y_k \neq B(k)$  for some  $1 \leq k \leq n$ ).

If  $M$  successfully complete this, then checks by using  $\lceil \log n \rceil$  stack symbols stored in the counter, whether  $|w| = \lceil \log n \rceil$ .

After that,  $M$  again stores  $\lceil \log n \rceil$  stack symbols in the counter using  $|w| (= \lceil \log n \rceil)$  and existentially choses some  $j$  ( $1 \leq j \leq k$ ) and checks  $w = w_j$ . This check can easily be done by first checking that  $|w_j| = \lceil \log n \rceil$  and then universal checking that  $w(p) = w_j(p)$  for each  $1 \leq p \leq |w| = |w_j| = \lceil \log n \rceil$ , where for each string  $v$  and each integer  $t$  ( $1 \leq t \leq |v|$ ),  $v(t)$  denote the  $t$ -th symbol (from the left) of  $v$ .

It will be obvious that  $\lceil \log n \rceil$  space is sufficient, and  $M$  accepts the language  $T$ .

(2) Suppose to the contrary that there exists a weakly  $L(n)$  space-bounded laca( $l$ )  $M$  accepting the language  $T$ , where  $\log L(n) = o(\log n)$  and  $l \geq 1$  is some constant.

For each  $n \geq 2$ , let

$$\begin{aligned} V(n) &= \{B(1)\#B(2)\#\dots\#B(n)2wcw_1cw_2c\dots cw_n \\ &\quad \in T \mid |w| = \lceil \log n \rceil \ \& \\ &\quad \forall i (1 \leq i \leq n) [ |w_i| = \lceil \log n \rceil ] \} \text{ and} \\ W(n) &= \{cw_1cw_2c\dots cw_n \in \{0, 1, c\}^+ \mid \\ &\quad \forall i (1 \leq i \leq n) [ w_i \in \{0, 1\}^{\lceil \log n \rceil} ] \}. \end{aligned}$$

We consider the computations of  $M$  on the strings in  $V(n)$ .

Note that for each  $x \in V(n)$ ,

- $|x| = |B(1)\#B(2)\#\dots\#B(n)| + (\lceil \log n \rceil + 1)(n + 1)$   
 $= r(n)$   
 $= O(n \log n)$  and
- there exists an accepting computation tree  $\tau$  of  $M$  on  $x$  such that  $|\alpha_i| \leq L(r(n))$  ( $1 \leq i \leq l$ ), where  $\alpha_i$  is in the ID  $\ell(\pi) = (w, i, (q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)))$  for each node  $\pi$  of the tree  $\tau$ .

Let  $C(n)$  denote the set of all possible storage states of  $M$  when  $M$  in the computation uses at most  $L(r(n))$  stack symbols in each counter, and let  $u(n) = |C(n)|$ . Then,  $u(n) = O(L(r(n)))^l$ .

For each storage state  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$  of  $M$  and for each  $y$  in  $W(n)$ , let

$$\begin{aligned} M_y(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)) \\ &= 1 \text{ if there exists a } (q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))\text{-accepting} \\ &\quad \text{computation tree of } M \text{ on } y \text{ such that for} \\ &\quad \text{each node } \pi \text{ of the tree, the storage state } (q, \\ &\quad (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)) \text{ of the ID } \ell(\pi) \text{ is in } C(n), \\ &= 0 \text{ otherwise.} \end{aligned}$$

For any strings  $y$  and  $z$  in  $W(n)$ , we say  $y$  and  $z$  are  $M$ -equivalent if for each storage state  $(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l))$  of  $M$  with  $|\alpha_i| \leq L(r(n))$  ( $1 \leq i \leq l$ ),

$$M_y(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)) = M_z(q, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l)).$$

Clearly  $M$ -equivalence is an equivalence relation on

strings in  $W(n)$ , and there are at most

$$e(n) = O(t^{u(n)})$$

$M$ -equivalent classes, where  $t$  is a constant. We denote these  $M$ -equivalence classes by  $E_1, E_2, \dots, E_{e(n)}$ .

For each  $y = wcw_1cw_2c\dots cw_n$  in  $W(n)$ , let

$$b(y) = \{u \in \{0, 1\}^+ \mid \exists i (1 \leq i \leq n) [u = w_i]\}.$$

Furthermore, for each  $n \geq 2$ , let

$$R(n) = \{b(y) \mid y \in W(n)\}.$$

Then

$$|R(n)| = {}_n C_1 + {}_n C_2 + \dots + {}_n C_n = 2^n - 1.$$

(Intuitively,  $|R(n)|$  is equal to the number of all the nonempty subsets of  $\{0, 1\}^{\lceil \log n \rceil}$ ).

Since  $e(n) = O(t^{u(n)})$ , that is,  $e(n) \leq t^{u(n)}$ , it follows that

$$\log \log e(n) \leq c_1 \log u(n)$$

for some constants  $t > 0$ ,  $t' > 0$  and  $c_1 > 0$ .

Since  $u(n) = O(L(r(n)))^l$ , that is,  $u(n) \leq c_2 L(r(n))^l$ , it follows that

$$\log u(n) = c_3 \log L(r(n))$$

for some constants  $c_2 > 0$  and  $c_3 > 0$ .

Since  $\log L(r(n)) = o(\log n)$ , it follows that

$$\log L(r(n)) = o(\log r(n)).$$

Since  $r(n) = O(n \log n)$ , that is,  $r(n) \leq c_4 n \log n$ , it follows that

$$\log r(n) \leq c_5 \log n$$

for some constants  $c_4 > 0$  and  $c_5 > 0$ . Hence, from the equations above, we have

$$\begin{aligned} \log \log e(n) &\leq c \log u(n) \leq c' \log L(r(n)) \\ &= o(\log r(n)) \leq o(\log n). \end{aligned}$$

for some constants  $c > 0$  and  $c' > 0$ .

On the other hand, since  $|R(n)| = 2^n - 1$ , that is,  $\log \log |R(n)| = \log n$ , it follows that

$$\log \log e(n) < \log \log |R(n)|.$$

Therefore, we have

$$e(n) < |R(n)|$$

for  $n$  large enough. For such  $n$ , there must be some  $Q$  and  $Q'$  ( $Q \neq Q'$ ) in  $R(n)$  and some  $E_i$  ( $1 \leq i \leq e(n)$ ) such that the following statement holds:

“There exist two strings  $y' = B(1)\#B(2)\#\dots\#B(n)2wy$  and  $z' = B(1)\#B(2)\#\dots\#B(n)2wz$  such that

$$(i) \ |w| = \lceil \log n \rceil,$$

$$(ii) \ y, z \in W(n),$$

$$(iii) \ b(y) = Q \text{ and } b(z) = Q',$$

$$(iv) \ w \text{ is in } Q, \text{ but not in } Q', \text{ and}$$

$$(v) \ \text{both } y \text{ and } z \text{ are in } E_i \text{ (i.e., } y \text{ and } z \text{ are } M\text{-equivalent)}.”$$

As is easily seen,  $y'$  is in  $V(n)$ , and so there exists an accepting computation tree of  $M$  on  $y'$  such that for each node  $\pi$  of the tree, the contents of each counter in  $\ell(\pi)$  are bounded by  $L(r(n))$ . From this tree, we easily construct an accepting computation tree of  $M$  on  $z'$  such that for each node  $\pi$  of the tree, the contents of each counter in  $\ell(\pi)$  are bounded by  $L(r(n))$ . Thus, we can conclude that  $z'$  is also accepted by  $M$ , which is a contradiction, because  $z'$  is not in  $T$ .  $\square$

From Lemma 2.1, we have:

**Theorem 2.2:**

*strong-2ACA*(1,  $\log n$ )

$-\cup_{1 \leq l < \infty} \textit{weak-1ACA}(l, L(n)) = \phi$

for any function  $L(n)$  such that  $\log L(n) = o(\log n)$ .

**Corollary 2.3:** For each  $m \in \{\textit{strong}, \textit{weak}\}$ , each  $l \geq 1$  and any function  $L(n)$  such that  $L(n) \geq \log n$  and  $\log L(n) = o(\log n)$ ,

$m\text{-1ACA}(l, L(n)) \subsetneq m\text{-2ACA}(l, L(n))$ .

### 3. Conclusion

We have investigated the accepting power of sublinear space-bounded 1-way and 2-way amca's and show that for any function  $L(n)$  such that  $\log L(n) = o(\log n)$ ,

*strong-2ACA*(1,  $\log n$ )

$-\cup_{1 \leq l < \infty} \textit{weak-1ACA}(l, L(n)) = \phi$ .

Finally, we conclude this paper by giving two open problems relating this research:

For each  $m \in \{\textit{weak}, \textit{strong}\}$ , each  $d \in \{1, 2\}$ , each  $l \geq 1$  and any function  $\log n \leq L(n)$  such that  $\log L(n) = o(\log n)$ ,

- (1) does exist an infinite hierarchy among  $m\text{-dACA}(l, L(n))$ 's? and
- (2) is  $m\text{-dACA}(l, L(n))$  closed under Boolean operation, Kleene closure, concatenation, and homomorphism?

### Acknowledgement

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 17K00025.

### References

- 1) Minsky, M.L.: Recursive unsolvability of Post's problem of 'Tag' and other topics in the theory of Turing Machines, *Annals of Math.*, Vol.74, No.3, pp.437–455 (1961).
- 2) Inoue, K., Ito, A. and Takanami, I.: A note on real-time one-way alternating multicounter machines, *Theoret. Comput. Sci.*, Vol.88, pp.287–296 (1991).
- 3) Yoshinaga, T. and Inoue, K.: A note on alternating multi-counter automata with small space, *Trans. of IPSJ.*, Vol.36, No.12, pp2741–2753 (1995).
- 4) Ito, A., Inoue, K. and Takanami, I.: A note alternating Turing machines using small space, *IEICE Trans.*, Vol.E70, NO.10, pp.990–996 (1987).
- 5) Chandra, A.K., Kozen D.C. and Stockmeyer, L.J.: Alternation, *J. ACM*, Vol.28, No.1, pp.114–133 (1981).

(Received September 3, 2018)



# テープヒータ電力線を利用した 非接触給電システムの電磁誘導素子

山田 健仁\*<sup>1</sup> 岩木 海成\*<sup>2</sup>

## Electromagnetic Induction Element for Contactless Power Transfer System using Tape-Heater Power Line

Takehito YAMADA\*<sup>1</sup> and Kaisei IWAKI\*<sup>2</sup>

### Abstract

In order to realize smart agriculture, it is usually necessary to have many sensor devices which can measure temperature, humidity, sunshine situation and so on. In this case, supplying power to the sensor devices is an important elemental technology. Accordingly, we have developed an electromagnetic induction element for a contactless power transfer system using a tape-heater power line. The tape-heater is made from stainless steel foil and used for heating the crown of strawberry plants. The stainless-steel foil for the heater element is a very thin film. Therefore, the electromagnetic induction element, which is called a current transformer, needs a special mechanical structure. In this paper, the basic structural designs of the electromagnetic induction element are discussed using FEM simulation and electronic circuit simulation.

**Key Words:** Tape-heater, Contactless power transfer, Electromagnetic induction element, FEM

### 1. はじめに

ICT 農業の高度化を実現するには、作物の生育状態に応じて施設内環境の温度、湿度、培土水分、日照、栄養等を適正に維持管理する必要があり、これらの環境要因を精密に計測することが重要である。そのためには ICT 農業やスマートアグリに対応したセンサデバイスを適切にかつ多数配置する必要がある。その際、重要な課題となるのが、個々のセンサデバイスを駆動するための電源を安定に確保することである。通常使用されているセンサデバイスでは、電池を電源とするものが多く、広範囲に配置した多数のデバイスの電源を維持管理することは運用上問題となる。また、商用 AC 電源から電力を供給する場合、電力供給のための電線を敷設する為の費用負担やセンサデバイスの配置制約等の問題が生じる<sup>1)</sup>。

一方、筆者らのグループでは、ステンレス箔をテープ状に成形し、更に局所打ち抜き加工を施して絶縁体で被覆したテープ状の発熱体であるテープヒータを開発し、製品化に至っている<sup>2)</sup>。このテープヒータに通電すること

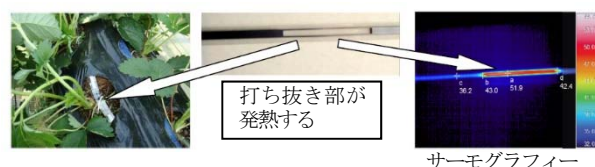


写真1 局所加温テープヒータのイチゴクラウンへの適用例

で、イチゴの株元を局所的に加温することができ、これによりイチゴに最適な生育状態を維持することができる(写真 1)。また、山口県農林総合技術センターと共同し、この技術によって暖房コストを大幅に削減できる省エネルギー効果を実証している<sup>3)</sup>。

そこで、このテープヒータ自体をセンサデバイスへの電力供給線としても利用することで、テープヒータによる加温システムと温度計測・制御を一体化したシステムの実現を目指し、非接触での無線計測センサデバイスへの電源供給法としてテープヒータの通電機構(電力線)を直接利用することを考えた。これにより温湿度などの無

\*<sup>1</sup> 情報電子工学科

\*<sup>2</sup> 東ソー情報システム株式会社

線計測センサデバイスを電源メンテナンスフリーとすることが可能となり、農業施設での実用的な広域・多点温湿度計測が実現でき、スマート農業の普及推進に寄与することができるものとする。

金属接点やコネクタなどを介さずに電力を伝送する技術としては、既にコードレス電話や電動歯ブラシなどの給電システムとして電磁誘導型の非接触給電が普及しているが<sup>4), 5)</sup>、本研究の非接触給電システムは、テープヒータ電力線、すなわち加温用デバイスからセンサデバイス用の電力を非接触で取得することに特徴がある。また、この非接触給電システムで使用する電磁誘導素子は、本質的には変流器ではあるが、テープヒータが極薄で幅広のステンレス箔であることから電磁誘導素子部の構造は特殊な形状となり、その設計手法を確立する必要がある。

本論文では、提案する非接触給電システムの主要な要素技術となる電磁誘導素子部の基本設計とシミュレーションによる解析と試作実験の結果に関して述べる。

## 2. 非接触給電システムの概要

テープヒータに通電する加温用の電力は、基本的には商用電源からの電力を設定温度に応じて制御する閉ループ制御の下で供給される。制御方式にはON/OFF制御やサイリスタ等を利用したPID制御を使用している。従って、テープヒータ自体は制御対象であるとともに通電用の電力線ともなっている。図1のテープヒータ電力線を使用した非接触給電システムの構成図の送電側部分で示すように、テープヒータの加温用電力に高周波微小電力を重ねさせることでセンサ用の電力を送電することになる。この重畳方式には、コンセントLAN (PLC) で使用されている回路方式<sup>6)</sup>を採用した。その回路方式の機能検証のために使用した電子回路シミュレーション用の回路図を図2に示す。なお、テープヒータ部は50Ωの純抵抗としてモデル化している。また、電磁誘導による微小電力回収用の電磁誘導素子部の電流センサ（以下 CT : Current Transformer）を等価なトランスとしてモデル化した。

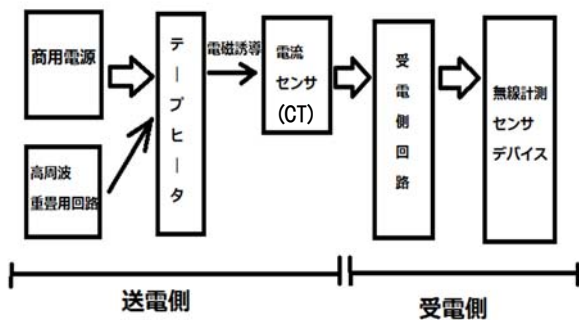


図1 テープヒータ電力線を使用した非接触給電システムの構成図

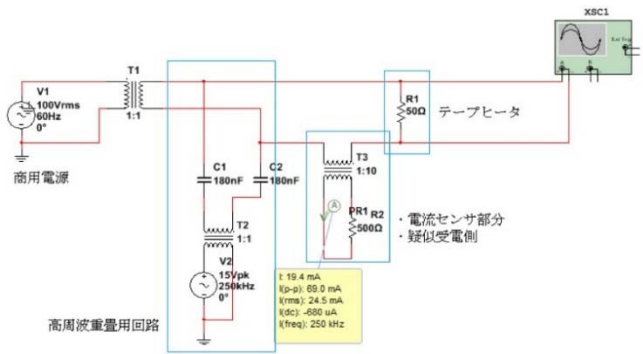


図2 高周波微小電力重畳回路

図1の受電側に示すように、電力の回収には電磁誘導による方式を使用する。すなわち受電側は、微小電力の高周波成分をCTの電磁誘導により非接触で回収し、受電側回路で整流・蓄電した後、低電圧DC定電圧源として無線計測センサデバイスへ電力を供給することになる。

提案する非接触給電システムにおける主要素子であるCTの基本構造を図3に示す。CTはFaradayの電磁誘導の法則を適用したもので、対象導体（本研究の場合はテープヒータ）に流れる交流電流により磁気コア内に磁束が発生し、この磁束を打ち消すように二次側の巻線に巻数比に応じた交流電流が流れる。式(1)は、この時二次側負荷に印可される出力電圧を示す。

$$v_o = K \frac{i}{N} R_L \quad (1)$$

$v_o$ :出力電圧,  $K$ :結合係数,  $i$ :テープヒータ交流電流,  $R_L$ :負荷抵抗,  $N$ :二次側巻線の巻数

式(1)より、 $K = 1$ の時に理想CTとなることが分かる。励磁電流・漏洩電流・透磁率の変化などによりCTの結合度、すなわち結合係数 $K$ は変化する。また、負荷抵抗 $R_L$ は小さいほど二次側の誘導電流を大きくできる。なお、磁気コア中の磁束密度は周波数に比例するため、CTとしての特性は低周波数域では低下し、高周波数域では良くなる。このため送電側（一次側）の重畳電流は高周波数であることが望ましいが、テープヒータがアンテナとなり得るため電磁波放射に注意する必要がある。

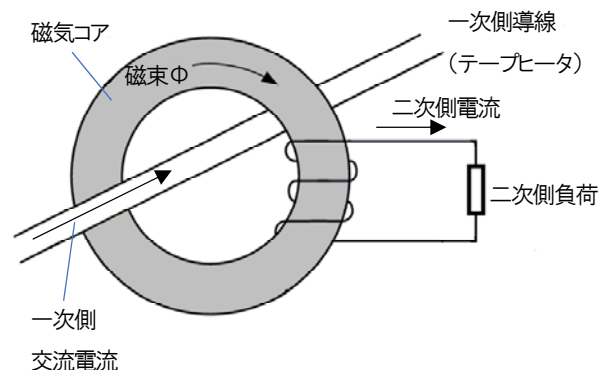


図3 CTの基本構造図

### 3. CT の FEM による解析

本研究で開発するCTは電力回収を目的としているため、通常の計測用電流センサを目的としたCTとはその設計指針は異なるものとなる。図3に示すCTの基本構造より、CTを設計するにあたり以下の事項を中心に検討した。

- ・一次側線（テープヒータ）の重畳用電流量と周波数
- ・磁気結合用フェライトコアの形状とサイズ
- ・二次側銅線の巻き線数

これらの事項に関する基本動作や主要パラメータを明らかにするために、FEM (Finite Element Method) の解析ソフト (PHOTO-Series EDDYj $\omega$ ) を用いてシミュレーションを行い、特にCT方式により回収できる電流密度を中心に解析した。シミュレーションでは、テープヒータの電流量とその周波数、またCTの巻き線数を変化させ電流密度が一定値に収束する点を求めた。図4はFEMシミュレーションに使用したCTモデルの一例である。

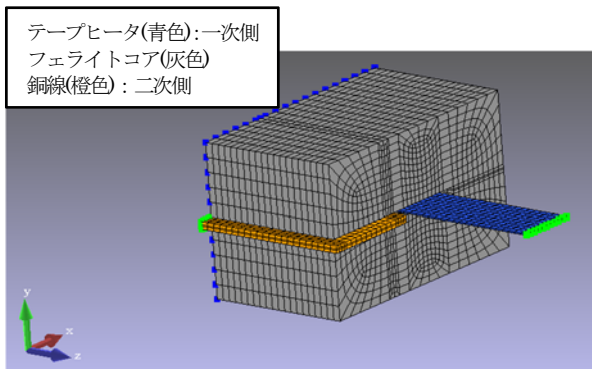


図4 FEMシミュレーションに使用したCTモデル

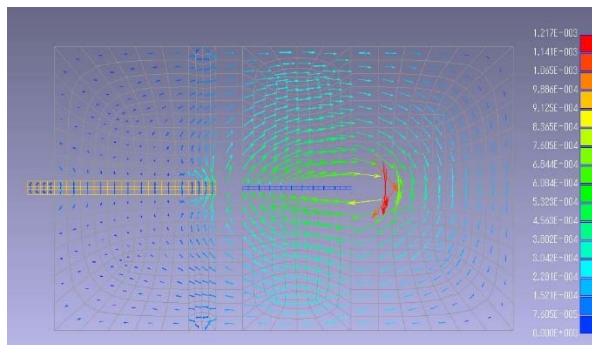


図5 フェライトコア中の磁束密度ベクトル

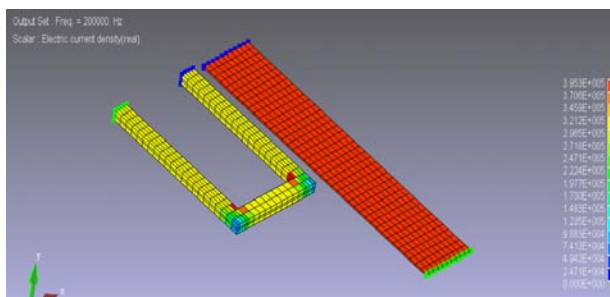


図6 シミュレーション結果例 (コア部を非表示)  
(一次側電流: 150mA/150kHz, 二次側銅線: 5 ターン)

図4において電力を供給する一次側線（テープヒータ）を青色で示しており、電力供給線であるテープヒータは、厚さ  $50\mu\text{m}$ 、幅  $6\text{mm}$  である。二次側巻き線は橙色で、磁気結合用のフェライトコアは灰色で表示している。また、端面の水色と緑色の部分は境界条件を設定した状態表示である。なお、解析領域は水色で示す端面（図4のZ軸が原点となるX-Y平面）を境に対象となっており、計算量軽減のため磁気コア半分の領域を数値解析している。

図5は、フェライトコアの断面方向でみた磁束密度ベクトルのシミュレーション結果である。コア内の一番外側の磁束密度は約  $2.3 \times 10^{-4} [\text{Wb}/\text{m}^2]$  以下で、実用範囲で磁束はコア内で閉じていると考えられる。なお磁気コアの外側は空気の層を仮定してシミュレーションしている。この設計例の磁気コアの厚さは  $10\text{mm}$  (上下  $5\text{mm}$ ) であり、今回の目的にはこのコア厚以下で十分であることが分かった。また、磁束の流れについては、レンツの法則に従って一次側電流による磁束とそれを打ち消すように二次側巻き線に誘導される電流により磁束が発生するため、ミクロに見ると巻き線形状や磁気コア形状の影響で、図5右半面と比較し、巻き線のある左半面では磁束密度が減少していることがわかる。このことはテープヒータを挟んだ磁気コアの左右に巻き線を施すことで回収電力を増加させることは単純には達成できないことが予測される。従って、電力回収の効率化を図るためには磁束を巻き線に集中させる機械形状の最適化が必要と考えられる。物理現象としてはMaxwellの方程式で表される古典的で単純なものではあるが、工学的な課題としては磁気コアや巻き線形状の設計に工夫が必要な興味ある現象である。

図6は、磁気コア部を非表示としたときの一次側電流（励磁電流）と二次側電流（誘導電流）のシミュレーション結果の例である。一次側の電流（赤色）により二次側の巻き線に電流（黄色）が誘起されることが分かる。このFEM解析では、フェライトコアの厚さやテープヒータ長手方向の長さなどの機械形状、一次側電流の大きさ・周波数、二次側銅線の巻き数を設定できる。これらのCT設計に重要となるパラメータを変化させることで、機械形状の影響を詳細に組み入れることができる。

今回のシミュレーション結果から銅線の巻き方については、図4に示すように一次側のテープヒータ部（青色）と銅線（橙色）を平行に巻く事で、図5に示すように強く磁束と交わせることができると考えられ、薄板形状であるテープヒータを一次側導線としたときのCT構造としてこの構成が妥当といえる。

図7は二次側銅線の巻き線数を変化させたときの電流密度をFEMシミュレーションで求め、その関係を一次側電流の周波数を横軸としてグラフに整理したものである。

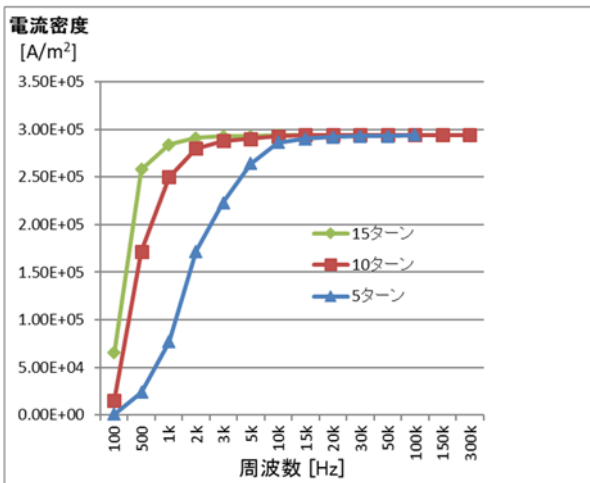


図7 二次側銅線の巻き線数と電流密度の周波数特性  
FEM シミュレーション (一次側電流：150mA<sub>p-p</sub>)

図7より、どの巻き線数でも 20kHz を超えたあたりから電流密度が一定値となるのが分かる。また、二次側に誘導される電流密度は、一次側電流の周波数に依存すること、すなわち一次側電流により発生する磁束の時間変化に依存することが示されている。CT からの誘導電流は受電回路に接続され整流、蓄電されるため、CT の自己インダクタンスは低い(巻き線数が少ない)方が受電回路への供給電力を大きくできる。従って、高い周波数で電流密度が飽和する少ない巻き線数が望ましいことになる。しかしながら、一次側電流の周波数を高くし過ぎると 30m 以上の長さで敷設されるテープヒータ自体がアンテナとなり得るため、電磁波放射による障害発生に注意する必要がある。微弱電波局の規定<sup>7)</sup>に沿ってテープヒータ周囲の電磁波環境を測定する必要がある。しかし、テープヒータに重畳する高周波数の電流は微小であるため、その電磁波環境への影響は小さいと想定され、実使用環境下における測定・評価が妥当と考える。

#### 4. CT の試作実験

CT を試作する上で、図1に示す受電側回路の動作入力電圧や入力インピーダンスの仕様を設定する必要がある。受電側回路の整流・蓄電回路として、実験では文献8)で提案されている倍電整流回路の構成を基本として、各素子を再設計し、電子回路シミュレータ NI Multisim14.1で動作確認した図8の回路を使用した。試作した回路で動作実験を行ったところ、CT の出力電圧 4.5V<sub>p-p</sub>、周波数 240kHz の時に CT 電流が最小の 5.8mA<sub>p-p</sub> で蓄電用コンデンサ C3 の電圧をセンサデバイスに供給する DC3V 以上にできることが確認できた。受電回路に関しては蓄電時間、放電時間の条件などセンサデバイスの仕様との関係があるため、最適化に関してはより詳細な検討が必要である。

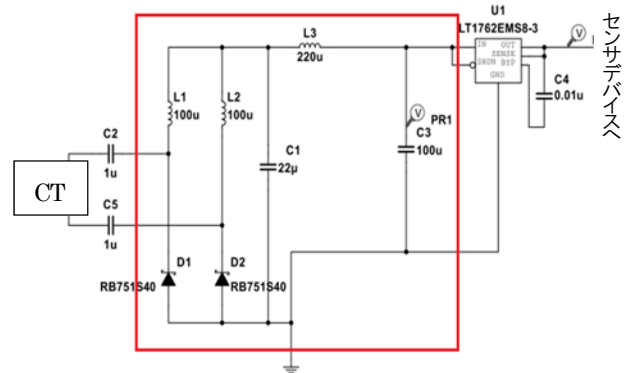


図8 受電側回路 (赤枠内が倍電流整流回路)

CT に使用する磁気コアの材質としては飽和磁束密度が大きいフェライトを選択し、テープヒータを挟み込める構造とするために、一般に電源線などのノイズ対策用に使用される分割型のフェライトコアを採用した。写真2に試作したCTを示す。フェライトコアのサイズは幅 38mm、長さ(テープヒータ長手方向) 24mm、厚さ 12 mm である。テープヒータ(ステンレス箔)は厚さ 50 $\mu$ m、幅 6mm で PET フィルムにより被覆されている。また、二次側巻き線はエナメル銅線(径 0.08mm)で、フェライトコアの左側に巻いている。

前述の試作した倍電流整流回路の入力インピーダンスを測定したところ 500 $\Omega$ であったが、負荷抵抗値が大きいと誘導電流値が小さくなりCTの静特性評価が難しくなるため、CTの二次側負荷として 51 $\Omega$ の抵抗を接続して二次側誘導電流の測定を行った。負荷抵抗の影響に関しては、後述する。電流の測定には、微小電流観測用の電流プローブ(日置電機製：CT6700)を使用した。

図9は、一次側電流の周波数を変化させた時の二次側誘導電流を測定した例である。巻き線数が多いと、誘導電流値は低周波数の時には巻き線数が少ない場合より有利であるが、周波数が高くなると自己インダクタンスの影響で誘導電流が流れ難くなる。電波法上の規制も考慮して 100kHz 以上 300kHz 以下でCTを使用することを想定すると、巻き線数は 5 ターン程度が妥当といえる。

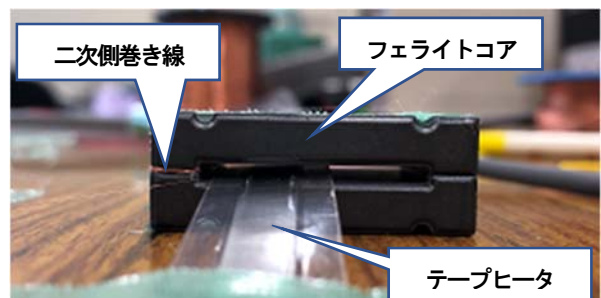


写真2 試作したCTの形状とテープヒータ  
(フェライトコア幅：38mm、長さ24mm、厚さ：12mm)

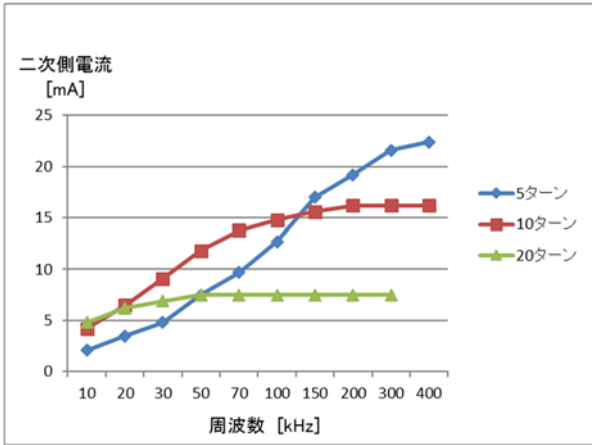


図9 二次側誘導電流の周波数特性  
(一次側電流：150mA，二次側負荷抵抗：51Ω)

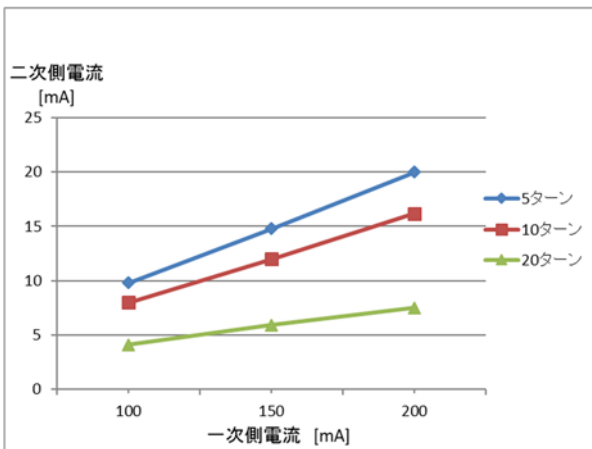


図10 一次側電流と二次側誘導電流の巻き線数特性  
(一次側電流の周波数：230kHz，二次側負荷抵抗：51Ω)

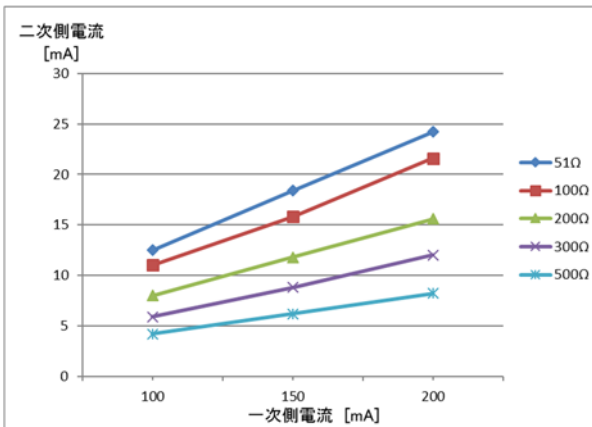


図11 負荷抵抗の二次側誘導電流への影響

図10は、二次側巻き線数を変化させた時の一次側電流に対する二次側誘導電流の変化を観測した結果である。一次側電流の増加にほぼ比例して二次側誘導電流が増加していることから、磁気コアの飽和が生じていないことがわかる。この結果から、磁気コアのサイズ、特に厚さは基本的に妥当であるといえる。なお、磁気コアの長さ（テープヒータ長手方向）は、鎖交磁束数の増加を考えると当

然のことながら長い方が二次側誘導電流を増やすことができる。しかし、コスト増加やCT全体のサイズが大きくなることを考えると、今回試作したものの2倍程度が現実的であろう。

図11は、二次側負荷抵抗の影響を測定した例である。この図から負荷抵抗が小さいほど二次側誘導電流を大きくできることがわかる。今回の充電側回路の入力インピーダンスは500Ωであったが、200Ωまで小さくできれば、一次側電流は50mA程度にまで低減でき、テープヒータでの消費電力を下げること、電磁波放射の影響を小さくできることなど多くの利点が得られる。このことから、本研究で目指すテープヒータ電力線を利用した非接触給電システムの実現には、CTの開発とともに、より小さな入力インピーダンスを持つ受電回路の開発が重要であることが明確になった。

## 5. まとめ

本研究では、植物加温用に開発されたテープヒータを加温電力を消費するデバイスとして使用するだけでなく、無線センサデバイスに駆動電力を非接触で供給するための電力線として利用する新しい形態の非接触給電システムを提案する。

特に、本論文では、テープヒータから受電するための主要な機能を実現する電磁誘導素子であるCTの基本構造を明らかにし、実験により検証した。また、本システムに適した受電回路の要件に関して、実験を通し明らかにした。今後は、各素子、電子回路の最適化を図るために、実使用環境を想定し、詳細な設計・解析を進める。

本研究が、ICT 農業を普及させる上でハードウェア上のキーとなるセンサデバイスに電力を供給する手法の一つとして検討され、非接触給電技術の応用、展開の一助となると幸いである。

## 謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP17K19314 の助成を受けたものです。

## 文献

- 1) 山田健仁, 岡林拓矢, 鶴山浄真, 御旗寛, 局所加温ステンレス箔テープヒータの管理運用に適したセンサネットワークシステム, 徳山工業高等専門研究紀要, pp. 7-11, No. 40 (2016)
- 2) 竹本優太, 山田健仁, 木宮康雄, 鶴山浄真, 日高輝雄, 御旗寛, ステンレス箔テープヒータによる植物体加温制御システムの検討, 徳山工業高等専門研究紀要, pp. 59-64, No. 35 (2012)

- 3) 鶴山浄真, 日高輝雄, 木宮康雄, 岡田豊, 山田健仁, イチゴ局所加温用テープヒータの開発と実用化に関する研究(第 2 報)局所加温がイチゴ栽培の収量性に及ぼす影響, 園芸学会平成 23 年度秋季大会
- 4) クライソン トロンナムチャイ, 廣田幸嗣, ワイヤレス給電技術入門, 日刊工業新聞社 (2017)
- 5) 篠原真毅, 電界磁界結合型ワイヤレス給電技術 -電磁誘導・共鳴送電の理論と応用-, 科学情報出版 (2014)
- 6) 片山正昭, 電力線通信, 計測と制御, pp. 378-383, 第 44 巻 第 6 号 (2005)
- 7) 微弱電波局の規定, 総務省 電波利用ホームページ, <http://www.tele.soumu.go.jp/j/ref/material/rule/>
- 8) 工藤, 遠井, 金子, 阿部. 非接触給電システムに用いる倍電流整流回路のリアクトルの電流リップル, 平成 25 年電気学会全国大会, 第 4 分冊 pp. 55-56, 4-032 (2013)

(2018. 9. 5 受理)

# トンネル構造タングステン酸塩 $K_2W_4O_{13}$ の合成とイオン交換生成物

大橋 正夫 \*

## Preparation of Tungstate $K_2W_4O_{13}$ with a Tunnel Structure and Ion Exchange Products

Masao OHASHI \*

### Abstract

Tungstate of  $K_2W_4O_{13}$  with a tunnel structure of its framework has been prepared using  $K_2CO_3$  and  $WO_3$  at 750 °C. The ion exchange reactions of potassium ion ( $K^+$ ) in the tunnel structure with lithium ion ( $Li^+$ ), sodium ion ( $Na^+$ ), rubidium ( $Rb^+$ ) and cesium ion ( $Cs^+$ ) were studied. The sodium ion exchange products of  $Na_{1.4}K_{0.6}W_4O_{13}$  and rubidium ion exchange product of  $Rb_{0.15}K_{3.85}W_4O_{13}$  were obtained. The host structure of these products was retained on the ion exchange reactions. Neither ion exchange product of  $Li^+$  nor  $Cs^+$  was obtained. The reaction products were characterized by chemical analysis and XRD. The resulting sodium ion exchange product of  $Na_{1.4}K_{0.6}W_4O_{13}$  was evaluated for use as the cathode in a lithium cell.

**Key Words :** tungstate, tunnel structure, potassium, ion exchange

### 1. 緒言

層状の結晶構造をもつ遷移金属酸素酸塩の合成とイオン交換生成物について研究を進めている。先に、層状チタン酸塩について調べ、これらから誘導されるイオン交換生成物は、イオン伝導体、エレクトロクロミック表示素子およびリチウム二次電池正極材料などへの応用が可能であることを明らかにした<sup>1-22)</sup>。これら層状チタン酸塩中のチタン原子は4価の陽イオン ( $Ti^{4+}$ ) として存在し、6個の酸化イオン ( $O^{2-}$ ) に配位されて、 $TiO_6$ 八面体を形成している。これらが頂点や稜を共有して積み重なる単位となる層を形成し、層状結晶を形成している。層状チタン酸塩中の $Ti^{4+}$ 一部を、5価のニオブイオン ( $Nb^{5+}$ ) に置き換えたときのことのできる層状チタンニオブ酸塩 ( $CsTiNbO_5$ <sup>23-25)</sup>,  $CsTi_2NbO_7$ <sup>26)</sup>,  $Rb_3Ti_5NbO_{14}$ <sup>27)</sup>) や、チタンイオンすべてをニオブイオンに置き換えた層状ニオブ酸塩 $Cs_4Nb_6O_{17} \cdot 3H_2O$ <sup>28,29)</sup> についても研究を行っている。また、チタンイオンの一部を5価のタンタルイオン ( $Ta^{5+}$ ) に置き換えた構造をもつ、層状チタンタンタル酸

塩の $RbTiTaO_5$ <sup>30)</sup> や $Rb_4Ta_6O_{17} \cdot 3H_2O$ <sup>31)</sup> についても調べ、これら化合物からイオン交換により誘導される化合物もまた、リチウム二次電池正極材料への応用が可能であることを報告した。さらに、6価のモリブデンイオン ( $Mo^{6+}$ ) を含む $MoO_6$ 八面体が稜や頂点を共有して層状構造をつくる層状モリブデン酸塩の $Cs_2Mo_5O_{16}$ および $Cs_2Mo_7O_{22}$ について調べ、イオン交換法を用いてその関連化合物の合成に成功している<sup>32,33)</sup>。層状バナジウム酸塩と層状タングステン酸塩については、 $Rb_3V_5O_{14}$  と $Cs_4W_{11}O_{35}$ について、そのイオン交換生成物について明らかにしている<sup>34,35)</sup>。

本研究では、アルカリイオンのサイトの連なりが、トンネル状のフレームワーク構造となっているタングステン酸塩 $K_2W_4O_{13}$ <sup>36)</sup> を取り上げた。一般にタングステン酸塩は、その電気化学的および電気的性質について古くから興味をもたれ、多くの研究がなされているが、ここで取り上げた化合物については、結晶構造解析<sup>36)</sup> とイオン交換反応についての報告<sup>37)</sup> はあるが、電池正極材料等への応用についての報告はない。

\* 一般科目 (化学)

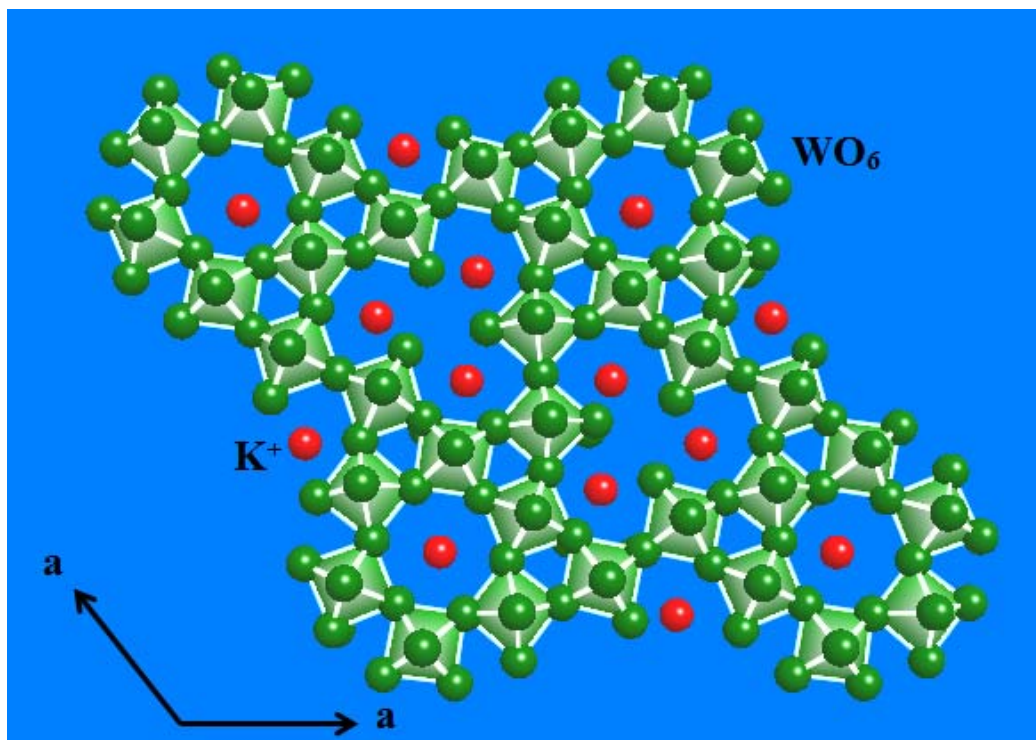
図1  $K_2W_4O_{13}$ の構造

図1に $K_2W_4O_{13}$ の三方晶の結晶構造<sup>30)</sup>をb軸に垂直な方向から見た図を示す。WO<sub>6</sub>八面体が頂点を共有して連結し、[W<sub>4</sub>O<sub>13</sub>]<sup>2-</sup>の組成からなるフレームワークを作っている。負電荷は、トンネル内に存在するカリウムイオン(K<sup>+</sup>)の正電荷により補償され、電気的な中性を保っている。Miyakeら<sup>37)</sup>は、硝酸塩の溶融塩を用いることにより、トンネル中のK<sup>+</sup>の一部が、Li<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Rb<sup>+</sup>とイオン交換可能であると報告している。本研究においては、同様のNa<sup>+</sup>交換生成物を得たが、Li<sup>+</sup>とRb<sup>+</sup>のイオン交換においては、異なった結果が得られた。得られたナトリウムイオン交換生成物について、リチウム電池正極材料への応用について検討した。

## 2. 実験

$K_2W_4O_{13}$ の合成は、原料として、炭酸カリウム(K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)と三酸化タングステン(WO<sub>3</sub>)を用いた。所定比の混合物を750℃で20時間加熱後、粉碎混合し、さらに20時間加熱した。上記により合成した $K_2W_4O_{13}$ の結晶中のカリウムイオン(K<sup>+</sup>)のイオン交換反応を、LiNO<sub>3</sub>、NaNO<sub>3</sub>、RbNO<sub>3</sub>およびCsNO<sub>3</sub>の各溶融塩を用いて調べた。5gの硝酸塩にたいして、約1gの $K_2W_4O_{13}$ を用いた。イオン交換生成物中のNaおよびRb量は原子吸光分光光度計(日立製作所製、ZA3300)を用いて求めた。試料約0.05gを10mLの2mol/L NaOH水溶液に溶解後分析を行った。本研究で得

られた生成物の結晶構造は、粉末X線回折測定(XRD)により調べた。測定にはRigaku製Ultima IVを用いた。

リチウム電池の正極は、試料にアセチレンブラックおよびテフロン粉末が各10%となるように加えて作成した。この正極混合物を真空中200℃で1時間加熱して乾燥した。対極にはリチウム金属を用い、電解質溶液には、ジメトキシエタン(1,2-Dimethoxyethane, DMC)と炭酸エチレン(Ethylene Carbonate, EC)をそれぞれ等体積混合した溶媒の1.0M LiPF<sub>6</sub>溶液を用いた。放電の電流密度は0.10mA/cm<sup>2</sup>とした。電池の組立および放電はすべてアルゴンガスを満たしたドライボックス(美和製作所製、DBO-1K型)中で行った。酸素と水分量は常に1ppm以下であった。

## 3. 結果と考察

### 3.1 $K_2W_4O_{13}$ の合成

合成した $K_2W_4O_{13}$ のXRDパターンを図2(a)に示す。このXRDパターンは、三方晶系として指数付けすることができた。Okadaら<sup>30)</sup>は $K_2W_4O_{13}$ の格子定数を、 $a = 1.5566(1)$  nm、 $c = 0.3846(1)$  nm、と報告している。本研究において合成した試料の格子定数は $a = 1.5541(3)$  nm、 $c = 0.3731(2)$  nm、であり、報告された値に近いことから、目的の化合物が得られたものと判断した。



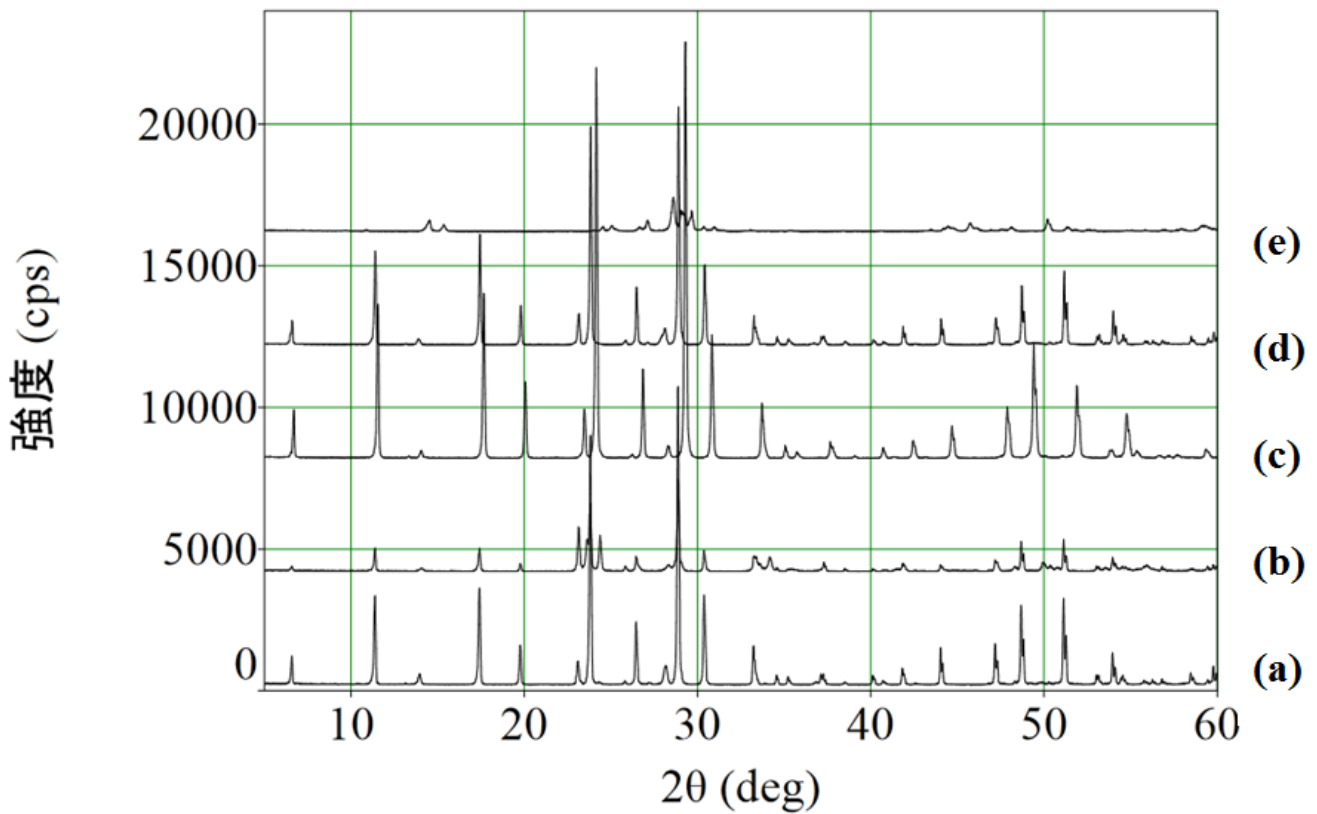


図2 生成物の XRD パターン (a)  $K_2W_4O_{13}$  (b)  $LiNO_3$  融解塩との反応生成物 (c) ナトリウムイオン ( $Na^+$ ) 交換生成物 (d) ルビジウムイオン ( $Rb^+$ ) 交換生成物 (e)  $CsNO_3$  融解塩との反応生成物

表1  $K_2W_4O_{13}$  およびイオン交換生成物の組成と三方晶の格子定数

Sample	a / nm	c / nm
$K_2W_4O_{13}$	1.5541(3)	0.3731(2)
$Na_{1.40}K_{0.60}W_4O_{13}$	1.5329(4)	0.3675(6)
$Rb_{0.15}K_{1.85}W_4O_{13}$	1.5551(2)	0.3735(2)

本研究で得られた試料の格子定数を表 1 にまとめて示す。

### 3.2 リチウムイオン ( $Li^+$ ) 交換

$K_2W_4O_{13}$  結晶中の  $K^+$  と  $Li^+$  の交換反応を、 $LiNO_3$  を  $260^\circ C$  に加熱した熔融塩中で、20 時間間保つことによって試みた。得られた生成物の XRD パターンを図 2 (b) に示す。元の  $K_2W_4O_{13}$  のピークに加えて、 $2\theta = 24.4^\circ$  ( $d = 3.65$ ) 付近にその最強強度を示す  $Li_6WO_6$  の小さいピークが確認された。イオン交換反応は進行せず、分解反応が進行しているものと考えられる。Miyake ら<sup>37)</sup> は、同様に熔融塩を用いた  $Li^+$  交換を行い、もとの  $K^+$  の 49% がリチウムにイオン交換した試料を得たと報告している。本研究においてリチウムイオン交換生成物を得ることができなかった理由は不明である。

### 3.3 ナトリウムイオン ( $Na^+$ ) 交換

ナトリウムのイオン交換においては、 $NaNO_3$  を  $315^\circ C$  に加熱した熔融塩中で、20 時間間保つことにより行った。得られたナトリウムイオン交換生成物の XRD パターンを図 2 (c) に示す。三方晶の単一相として指数付けすることができた。Na の原子吸光分析より、70% の  $K^+$  が、 $Na^+$  とイオン交換された試料が得られたことがわかった。この生成物の組成は  $Na_{1.4}K_{0.6}W_4O_{13}$  と見積もることができた。

表 1 にこのナトリウムイオン交換生成物の三方晶の格子定数を示す。イオン交換前の  $K_2W_4O_{13}$  の格子定数とはほぼ同様の値を示すことから、試料の結晶構造はイオン交換後もよく保たれていることがわかった。Miyake ら<sup>37)</sup> は、同様に熔融塩を用いた  $Na^+$  交換を行い、もとの  $K^+$  の 68% リチウムイオン交換した試料を得たと報告している。本研究において、同様のナトリウムイオン交換生成物が得られたものと考えられる。

### 3.4 ルビジウムイオン ( $Rb^+$ ) 交換

ルビジウムのイオン交換においては、 $RbNO_3$  を  $310^\circ C$  に加熱した熔融塩中で、20 時間間保つことにより行った。得られたルビジウムイオン交換生成物の XRD パターンを図 2 (d) に示す。三方晶の単一相として指数付けすることができた。Rb の原子吸光分析より、3.8% の  $Rb^+$  が、 $K^+$  とイオン交換された試料が得られたことがわかった。この生成物の組成は  $Rb_{0.15}K_{1.85}W_4O_{13}$  と見積もることができた。

表 1 にルビジウムイオン交換生成物の三方晶の格子定数を示す。この場合も  $K_2W_4O_{13}$  の格子定数とはほぼ同

様の値を示すことがわかった。試料の結晶構造はイオン交換後も保たれていることがわかった。Miyake ら<sup>37)</sup> は、同様に熔融塩を用いた  $Rb^+$  交換を行い、本研究のイオン交換量よりかなり多い、ルビジウムイオンが 34% 交換した試料を得たと報告している。反応温度が  $350^\circ C$  であり、本研究の  $315^\circ C$  より高いことが、このイオン交換量の違いに影響している可能性が考えられる。

### 3.5 セシウムイオン ( $Cs^+$ ) 交換

$K_2W_4O_{13}$  結晶中の  $K^+$  をセシウムイオン ( $Cs^+$ ) と交換することを試みた。 $CsNO_3$  を  $415^\circ C$  に加熱した熔融塩中に 20 時間保った。得られた生成物の XRD パターンを図 2 (e) に示す。元の  $K_2W_4O_{13}$  結晶のピークは完全に消失し、 $Cs_{8.5}W_{15}O_{48}$  と同定される回折ピークが確認された。イオン交換反応は進行せず、分解反応が進行しているものと考えられる。Miyake ら<sup>37)</sup> も、同様に熔融塩を用いた  $Cs^+$  交換を試み、生成物についての記述はないが、やはり分解反応が進行したと報告している。

### 3.6 リチウム電池特性

イオン交換前の  $K_2W_4O_{13}$  とナトリウムイオン交換生成物  $Na_{1.4}K_{0.6}W_4O_{13}$  を正極としたリチウム電池の放電曲線を図 4 に示す。レストポテンシャルはそれぞれ  $3.0V$  と  $2.9V$  であった。放電はリチウムイオンのトンネル構造中へのインターカレーションに対応し、同時に  $W^{6+}$  から  $W^{5+}$  への還元が進行しているものと考えられる。 $1.0V$  以下の電圧では、溶媒の分解が進行していると考えられる。従ってリチウムイオンのインターカレーションに対応する放電容量は、 $K_2W_4O_{13}$  の  $56\text{ mAh/g}$  から  $Na_{1.4}K_{0.6}W_4O_{13}$  の  $79\text{ mAh/g}$  に 43% 増加することがわかった。 $K^+$  のイオン半径よりも  $Na^+$  のイオン半径が小さいことにより、インターカレーション可能な  $Li^+$  量が増えたことが理由であると考えられる。放電電位が  $1.0V$  に達したときの  $K_2W_4O_{13}$  と  $Na_{1.4}K_{0.6}W_4O_{13}$  への  $Li^+$  のインターカレーション量は、組成式当たりそれぞれ 2.1 および 2.9 と計算される。

今後、さらにイオン交換量を増やす方法を見出すことが出来れば、より容量の大きい正極活物質となる可能性があるものと考えられる。ナトリウムイオン交換生成物は、二次電池正極材料、光触媒およびエレクトロクロミック表示素子等への応用が期待される。

## 4. まとめ

トンネル状のフレームワーク構造をもつタングステン酸塩  $K_2W_4O_{13}$  を  $750^\circ C$  の加熱により合成した。この

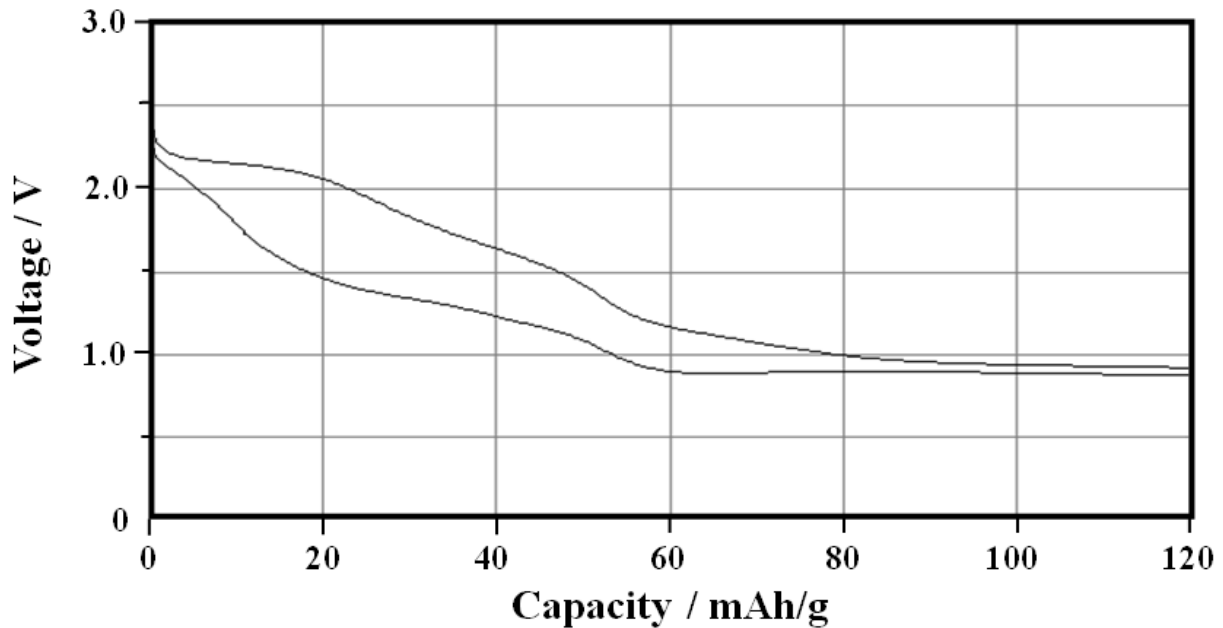


図3 リチウム電池の放電曲線 (a)  $K_2W_4O_{13}$  (b)  $Na_{1.4}K_{0.6}W_4O_{13}$

化合物のトンネル状のサイトに存在する  $K^+$  と、  $Li^+$ 、  $Na^+$ 、  $Rb^+$  および  $Cs^+$  のイオン交換を熔融塩中で試みた。その結果、  $K^+$  イオンの 70 % が  $Na^+$  と、  $K^+$  イオンの 3.8 % が  $Rb^+$  と交換した試料を得ることができた。これに対して、  $LiNO_3$  および  $CsNO_3$  との反応においては、  $K_2W_4O_{13}$  の分解反応が進行した。ナトリウムイオン交換生成物はリチウム電池の正極として利用可能であることを見出した。本研究で得られたイオン交換生成物は、二次電池正極材料への応用に加えて、光触媒およびエレクトロクロミック表示素子等への応用についても期待される。

## 文献

- 1) 大橋正夫, 植田義文, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 19 号, 41(1995).
- 2) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 20 号, 7(1996).
- 3) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 21 号, 87(1997).
- 4) M. Ohashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst., **311**, 51(1998).
- 5) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 22 号, 61(1998).
- 6) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 23 号, 61(1999).
- 7) M. Ohashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst., **341**, 265(2000).
- 8) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 24 号, 37(2000).
- 9) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 25 号, 31(2001).
- 10) M. Ohashi, Key Engineering Materials, **216**, 119 (2002).
- 11) M. Ohashi, Key Engineering Materials, **228-229**, 289(2002).
- 12) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 26 号, 49(2002).
- 13) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 27 号, 23(2003).
- 14) M. Ohashi, J. Ceram. Soc. Japan, **112**, S114(2004).
- 15) M. Ohashi, Solid State Ionics, **172**, 31(2004).
- 16) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 28 号, 37(2004).
- 17) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 29 号, 29(2005).
- 18) M. Ohashi, Key Engineering Materials, **388**, 97(2009)
- 19) 大橋正夫, チタン酸アルカリ, セラミックスの事典, 朝倉書店, p. 370 (2009).
- 20) 大橋正夫, 片山美乃里, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 34 号, 43(2010).
- 21) 発明者 (大橋正夫), 特許「層状チタン酸塩及びそ

- れを用いた二次電池」特許第 6084740 号
- 22) M. Ohashi, *Materials Sciences and Applications*, **9**, 526(2018).
  - 23) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 30 号, 27(2006).
  - 24) M. Ohashi, *Key Engineering Materials*, **421-422**, 455(2010).
  - 25) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 38 号, 57(2014).
  - 26) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 31 号, 37(2007).
  - 27) 大橋正夫, 加藤摩耶, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 33 号, 39(2009).
  - 28) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 32 号, 29(2008).
  - 29) M. Ohashi, *Key Engineering Materials*, **445**, 65(2010).
  - 30) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 37 号, 25(2013).
  - 31) 大橋正夫, 八塚亮平, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 39 号, 33(2015).
  - 32) 大橋正夫, 村田奈津子, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 35 号, 43(2012).
  - 33) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 36 号, 31(2013).
  - 34) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 40 号, 19(2016).
  - 35) 大橋正夫, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第 41 号, 7(2017).
  - 36) K. Okada, F. Marumo and S. Iwai, *Acta Cryst.* **B34**, 3193(1978).
  - 37) M. Miyake, Y. Yoshikawa and T. Suzuki, *J. Solid State Chem.*, **93**, 510(1991).

(2018. 9. 5 受理)

# 病院内清掃従事者の作業特性と身体疼痛の特徴

宇野 直士 \*<sup>1</sup> 田之上 剛 \*<sup>2</sup> 守政 和浩 \*<sup>3</sup>

## Characteristics of the work of hospital cleaners and of their physical pain

Tadashi UNO \*<sup>1</sup>, Tsuyoshi TANOUE \*<sup>2</sup>, Kazuhiro MORIMASA \*<sup>3</sup>

### Abstract

A questionnaire survey was conducted to meet the following objectives: (a) to identify the main components of cleaning tasks in hospitals and (b) to identify the physical discomfort related to cleaning tasks. The respondents were 54 women employed as part-time cleaners in hospitals. Forty-eight respondents (89%) mentioned an issue with physical burden during cleaning tasks. Further analysis showed that cleaning the space under beds contributed to 34% and toilet cleaning to 27% of the physical burden reported by participants. Furthermore, 85% of the respondents reported physical discomfort in the lower back (27%), shoulders (14%), and knees (11%). This questionnaire survey identified the components of cleaning tasks that require improvement as well as the physical burden that arises from hospital cleaning tasks. The results are still being studied carefully and will be implemented to address these issues.

**Key Words : Cleaning workers, Physical pain, Work-related disease**

### 1 はじめに

作業態様や作業環境、作業条件等の要因が疾病の発症や増悪に関与する疾患の総称を作業関連疾患という。中でも、作業関連性腰痛は労働に関連した疾病のなかでも発症件数が最も多い<sup>1)</sup>。一般人口における腰痛の発生頻度は、現在の有病率が15～30%、既往率が60～80%と高い割合を示している<sup>2)</sup>。そのため、米国では腰痛のため約500億ドル(2001年のGNPの0.5%～0.6%)の出費があったとされ<sup>3)</sup>、作業関連疾患は医療のみならず、社会、経済、労働損失の面からも深刻な問題として捉えられている。

一般に製造業や運輸交通業、清掃業、保健・衛生業等は腰痛が多発する業種として認識されている。中でも、通常医療エリア・一般エリア・汚染感染防止エリア等にゾーニングされ、高い清浄度が求められる院内

清掃従事者の作業種類や作業箇所は多岐にわたる。そのため、清掃業では両膝伸展位での前屈姿勢や腰椎の過伸展といった不良姿勢<sup>4)</sup>が頻発することが推測される。これら不良姿勢を含めて腰痛の発症要因には、腰部に過度な負担を加える動作要因と温度等の環境要因、年齢や疾患歴等の個人要因がある。

院内清掃を巡っては、針刺事故や院内感染の防止対策等、病院内の安全管理に関する多数の報告がある<sup>5-9)</sup>。一方で、前述した院内清掃従事者の作業関連疾患の実態やその原因については十分な調査が行われていない。また、厚生労働省が策定した「職場における腰痛予防対策指針<sup>10)</sup>」では、立位作業中に体幹部を前傾させる動作は椎間板内圧を上昇させ腰痛に繋がるため、立位での前屈作業姿勢を避けることが推奨されている。これら、一般的な腰痛予防対策は示されている一方で、

\*<sup>1</sup> 徳山工業高等専門学校一般科目

\*<sup>2</sup> スポーツクラブ&スパ ルネサンス徳山

\*<sup>3</sup> サマンサジャパン株式会社

清掃従事者の作業特性等を考慮した対策は示されていない。今後、清掃従事者の作業関連疾患予防に向けて有効な対策を講じるために、院内清掃従事者に対するアンケート調査から、清掃従事者の作業特性や身体疼痛の特徴を明らかにすることを本調査の目的とした。

## 2 方法

### 2.1 調査手法

調査対象は、病院内の清掃作業に従事するものとした。質問紙の配布は会社担当者を通じて2018年2月下旬に行った。回収までの期間を1週間とし、回収率は100%であった。なお、倫理的配慮として調査は無記名回答とし、得られたデータから個人が特定されることはないことを明記した。

### 2.2 調査項目

設問は腰痛健康診断問診票<sup>4)</sup>を一部参考にして、(1)基本事項、(2)作業の状況、(3)体の痛みや不調・違和感の状況等に関する全17項目で構成した。

回答者の性別、年代、身長、体重、勤務年数、現在の運動習慣の有無を基本事項として調査した(表1, 2)。また、作業内容を把握するために、一箇所の清掃時に用いる作業形態や作業姿勢、作業用具に関して頻度が多いと感じる事項を調査した(図1-4)。さらに、身体の痛みや違和感の有無、それら不調を有する場合の対応実態について調査した(図5および表3)。

## 3 結果・考察

### (1) 基本事項

質問紙調査の集計結果を表1に示す。回答者54名の性別はすべて女性であり、年齢層は40代が最も多く(23名)、次いで50代(15名)と回答した者が多かった。本調査回答者はいずれもパート雇用のものであり、同社での勤務年数は7年以上と回答した者が最も多くを占めた(22名)。なお、回答者のうち9名が日常的な運動習慣を有しており、運動種目としてはウォーキングやストレッチング等、有酸素系の運動に取り組む者が多かった(表2)。腰痛発症の要因とされる体幹筋群および股関節周囲筋の筋力低下や、体幹前屈筋群と後屈筋群の筋力差、下肢の柔軟性低下を予防するためには定期的な運動やストレッチングが有効である。そのため、運動習慣を有するものは腰痛の発症頻度が少ないことが報告されている<sup>11)</sup>。しかし、本調査の回答者の

うち、定期的な運動習慣を有するものは17%にとどまり、運動習慣の形成に課題を有していた。

表1. 質問紙への回答

調査項目	カテゴリー	人数 (%)
1. 性別	男	0 (0)
	女	54 (100)
2. 年齢 (歳)	20-29	2 (4)
	30-39	11 (20)
	40-49	23 (43)
	50-59	15 (28)
	60-	3 (5)
3. 身長 (cm)	<149	7 (13)
	150-159	27 (50)
	160-169	20 (37)
	170-	0 (0)
4. 体重 (kg)	<44	2 (4)
	45-54	29 (54)
	55-65	16 (29)
	65-	7 (13)
5. 勤続年数 (年)	<1	6 (11)
	1-3	11 (20)
	4-6	15 (28)
	7-	22 (41)
6. 運動習慣	ある	9 (17)
	ない	45 (83)

表2. 設問6の自由記述内容

カテゴリー	内容
運動種類	ウォーキング, ラジオ体操, 腹筋運動, ストレッチング, ヨガ, 腕立て伏せ, スクワット, ソフトバレーボール

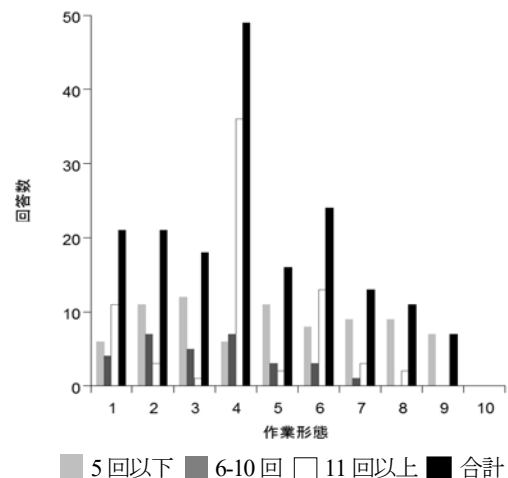


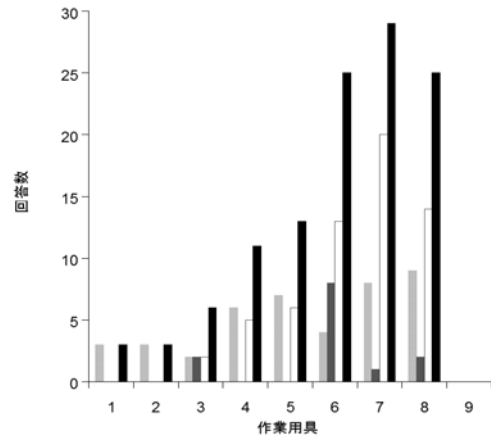
図1. 作業形態 (1. 磨く, 2. 持ち上げ, 3. 降ろす, 4. 拭く, 5. 運ぶ, 6. 掃く, 7. 押す, 8. 引っ張る, 9. 介助, 10. その他)

(2)作業の状況

以下に、作業形態および作業姿勢に関する結果を示す。回答者が院内清掃時に用いる作業形態は拭く作業が最も多く、次いで掃く作業や磨く作業と回答する者が多くを占めた(図1)。そして、清掃作業中の姿勢は中腰姿勢での作業が最も多く、次いで立ち姿勢やしゃがみ姿勢の回答数が多かった(図2)。病院内の清掃作業時に用いる用具はハンドルの使用頻度が最も多かった(図3)。身体に負担を感じる作業箇所が有ると回答した者は回答者全体の89%(48名)であり、具体的な作業箇所としては、ベッド下の清掃に身体的負担が生じると回答した者が最も多かった(図4)。

中腰作業は腰仙部に繰り返し屈曲モーメントが作用するため、脊柱周囲軟部組織や椎間関節にストレスがかかり、疲労性腰痛を生じやすい<sup>11)</sup>。上述の通り、院内清掃では床やベッド下を清掃する際に中腰姿勢を頻繁に用いるため、作業関連性腰痛等の発症リスクが高まると推測される。現在、ベッド下や床、トイレ等、中腰姿勢を伴う作業箇所を身体的負担と感じている従業員が多いことから、同一姿勢での長時間作業を行わない等、適切な作業ガイドラインの作成と従業員への注意喚起が必要である。また、清掃を行う際に頻繁に用いるハンドルは、立位姿勢か中腰姿勢で使用することが多い。現在、使用されているハンドルは、使用者の身長や使い心地に合わせて柄部分が段階的に調節可能であり、用途に合わせてモップ形状を変更して取り付けることが可能である。今後は、ハンドルの使用が身体各部に与える影響を人間工学視点から検証し、適切な使用方法やハンドルデザインによる解決策が求められる。

中腰作業は腰仙部に繰り返し屈曲モーメントが作用するため、脊柱周囲軟部組織や椎間関節にストレスがかかり、疲労性腰痛を生じやすい<sup>11)</sup>。上述の通り、院内清掃では床やベッド下を清掃する際に中腰姿勢を頻繁に用いるため、作業関連性腰痛等の発症リスクが高まると推測される。現在、ベッド下や床、トイレ等、中腰姿勢を伴う作業箇所を身体的負担と感じている従業員が多いことから、同一姿勢での長時間作業を行わない等、適切な作業ガイドラインの作成と従業員への注意喚起が必要である。また、清掃を行う際に頻繁に用いるハンドルは、立位姿勢か中腰姿勢で使用することが多い。現在、使用されているハンドルは、使用者の身長や使い心地に合わせて柄部分が段階的に調節可能であり、用途に合わせてモップ形状を変更して取り付けることが可能である。今後は、ハンドルの使用が身体各部に与える影響を人間工学視点から検証し、適切な使用方法やハンドルデザインによる解決策が求められる。



■ 5回以下 ■ 6-10回 □ 11回以上 ■ 合計

図3. 作業用具 (1. バキューム, 2. ポリシャヤ, 3. 雑巾, 4. 床ほうき, 5. ダスコン, 6. キャニオン, 7. ハンドル, 8. マイクロ, 9. その他)

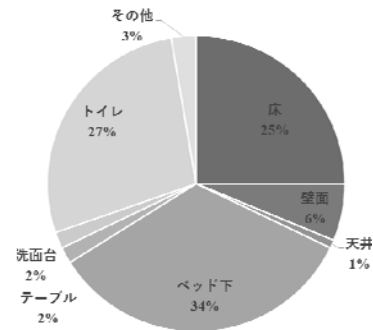


図4. 負担を感じる作業箇所 (1. 床, 2. 壁面, 3. 扉, 4. 天井, 5. ベッド, 6. ベッド下, 7. テーブル, 8. ロッカー, 9. 洗面台, 10. トイレ, 11. その他)

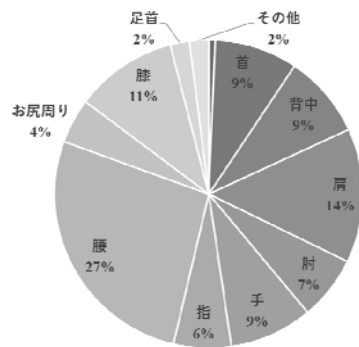
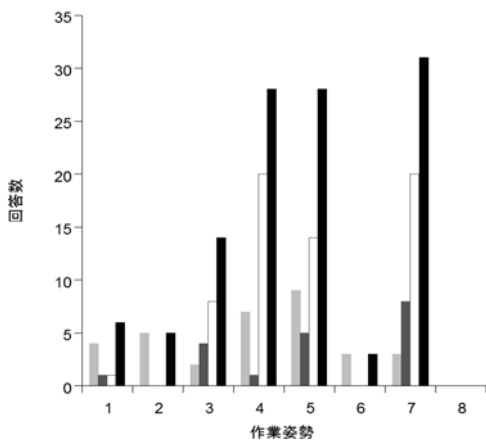


図5. 痛みが生じた身体部位 (1. 頭, 2. 首, 3. 背中, 4. 肩, 5. 肘, 6. 手首, 7. 指, 8. 腰, 9. お尻周り, 10. 膝, 11. 足首, 12. その他)



■ 5回以下 ■ 6-10回 □ 11回以上 ■ 合計

図2. 作業姿勢 (1. 上向き, 2. 腰掛け, 3. 体を前後に曲げる姿勢, 4. 立ち, 5. しゃがみ, 6. 運転, 7. 中腰, 8. その他)

表3. 痛みについて相談をしていない理由

理由
・サイトマネジャー等に相談する機会がない
・仕事に支障がないと考えているから
・相談しても痛みは解決しないから
・人数が少なく休めないと考えているから

### (3) 体の痛みや不調・違和感の状況等

調査時点で身体の痛みや不調、違和感があると回答した者は回答者全体の 85% (45 名) であり、痛みや不調が生じた身体部位としては腰部 (12 名) が最も多く、次いで肩部 (6 名)、膝部 (5 名) の痛みを主訴するものが多かった (図 5)。なお、身体に痛みや不調を抱える 45 名に対し、その発症時期を回答させた結果、清掃業務に従事して 1 年から 2 年経過した時期と回答した者が最も多く (23 名)、清掃業務に従事する以前に痛みや不調を発症していたと回答した者はいなかった。

痛みや不調、違和感が生じる頻度を毎日、仕事の日には毎回、週 1 回程度の 3 件法で回答を得た結果、仕事の日には毎回痛みが生じると回答した者が半数を占めた。そして、身体に痛みや不調が生じた際、サイトマネジャーまたは営業所担当者に相談した者は、痛みや不調を抱える者全体の 20% (9 名) であった。なお、相談していない理由を回答者に記述させた結果のうち、意見多数であった回答を表 3 にまとめた。作業関連疾患の症状は労働内容によって異なるが、胃痛等の消化器系疾患や高血圧症等の循環器系疾患、うつ病等の精神的疾患では回復に時間を要するため、早期発見と適切な治療方法の選択が重要である。そのため、現在の相談体制が日常的に従業員が心身状態を相談しやすい体制か否かを適切に評価し、必要であれば改善に努めることが管理者には求められる。

## 4 今後の展望

本調査により、多くの院内清掃従事者がベッド下等の低空間作業に身体的負担を感じており、毎回の作業時には腰部や肩部に痛みが生じていることが明らかになった。また、管理者側は作業関連疾患者が日常的に相談できる環境整備に課題を有している可能性が示唆された。今後、院内清掃従事者の作業関連性腰痛等の予防・改善を図るために、①運動習慣の形成と、②作業デザインの提案を目的とした取り組みを行う。運動アプローチでは、清掃作業前後に現場で実施できる運動と、自宅で就寝前に取り入れることができるストレッチの 2 種類の内容を作成し、モデルサイトで検証を進めた後、効果が認められた運動から試行する予定である。合わせて、院内清掃従事者が作業に伴い多用するハンドル等の清掃用具が作業動作や作業効率、腰部・肩部等の筋活動に与える影響について人間工学的側面から検証を進める。得られた知見を基に、作業時に注意すべき不良姿勢や作業スペースの活用方法について具体的な提案を行う。

## 5 謝辞

本調査にはサマンサジャパン株式会社の従業員の方々、そして同社の江口様にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を申し上げます。

## 文献

- 1) 厚生労働省: 平成 29 年業務上疾病発生状況等調査. 2017.
- 2) Nachemson A: Epidemiology and the economics of low back pain, The lumbar spine. 3rd. Herkowitz HN, Dvorak J, Bell G, Nordin M, Grob D, editors. Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins, 2004, 3-10.
- 3) Nordin M: Returning workers to gainful employment, The lumbar spine. 3rd. Herkowitz HN, Dvorak J, Bell G, Nordin M, Grob D, editors. Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins, 2004, 167-177.
- 4) 原田吉雄: 腰痛症-腰痛症の観血療法と保存療法, 理学療法, 1987, 4, 417-427.
- 5) 渡邊康子, 小林寛伊, 野崎貞彦, 下平智子: 病院清掃における針刺し・切創実態調査, 日本環境感染学会誌, 2012, 27 巻, 6 号, 431-435.
- 6) Panlilio AL, Orelien JG, Srivastava PU, Jagger J, Cohn RD: Estimate of the annual number of percutaneous injuries among hospital-based healthcare workers in the United States, 1997-1998. Infection Control And Hospital Epidemiology, 2004, 556-562.
- 7) Smith DR, Mihashi M, Adachi Y, Nakashima Y, Ishitake T: Epidemiology of needlestick and sharps injuries among nurses in a Japanese teaching hospital. Journal of Hospital Infection, 2006, 64 (1), 44-49.
- 8) 平光良充, 木戸内清, 吉川徹: 針刺しの報告率に関する文献レビュー, 労働科学, 2016, 92, 6 号, 63-70.
- 9) 内田美保, 人見重美, 木村哲: 病院清掃員の日常業務に関するアンケート調査 - 針刺事故および清掃業務における看護婦との連携について, 環境感染, 1998, 13(2), 103-107.
- 10) 厚生労働省: 職場における腰痛予防対策指針. 2013.
- 11) Gordon R, & Bloxham S: A Systematic Review of the Effects of Exercise and Physical Activity on Non-Specific Chronic Low Back Pain. Healthcare, 2016, 4(2), 22.

(2018. 11. 19 受理)



使用質問紙の一例（作業形態・作業姿勢・作業用具に関する質問項目）

7. どのような作業形態が最も多いと感じますか。該当する作業形態に☑（左列）を入れて下さい。また、その作業形態は一箇所の清掃場所（例. 一病室）に何回程度必要としますか。その回数に☑を入れて下さい。

（記入例）

形態	回数	5回以下	6回～10回	11回以上
<input type="checkbox"/> 磨く作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> 持ち上げる作業		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 降ろす作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

形態	回数	5回以下	6回～10回	11回以上
<input type="checkbox"/> 磨く作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 持ち上げる作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 降ろす作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 拭く（ふく）作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 運ぶ作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 掃く（はく）作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 押す作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 引っ張る作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 介助作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> その他（ ）		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. どのような作業姿勢が最も多いと感じますか。該当する作業姿勢に☑（左列）を入れて下さい。また、その作業姿勢は一箇所の清掃作業（例. 一病室）に何回程度必要としますか。その回数に☑を入れて下さい。

姿勢	回数	5回以下	6回～10回	11回以上
<input type="checkbox"/> 上を向いての作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> イス腰掛け作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 体を前後に曲げる作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 立ち姿勢での作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> しゃがみこむ作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 車の運転作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 中腰姿勢での作業		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> その他（ ）		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. どの用具を使用することが最も多いと感じますか。該当する用具1つに☑を（左列）を入れて下さい。また、その用具は一箇所の清掃作業（例. 一病室）で何回程度使用しますか。その回数に☑を入れて下さい。

用具	回数	5回以下	6回～10回	11回以上
<input type="checkbox"/> バキューム		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ポリシャー		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 雑巾		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 床ほうき		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ダスコン		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> キャニオンスプレー		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ハンドル		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> マイクロ		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> その他（ ）		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



# 本校のメール運用状況及び 迷惑メール対策の有用性と課題

高木 美咲穂\*<sup>1</sup> 林 嘉雄\*<sup>1</sup> 鳥居 恵子\*<sup>1</sup> 新田 貴之\*<sup>2</sup>

## Operation status of email and usefulness and challenges of countermeasures against spam

Misaho TAKAKI\*<sup>1</sup>, Yoshio HAYASHI\*<sup>1</sup>,  
Keiko TORII\*<sup>1</sup> and Takayuki NITTA\*<sup>2</sup>

### Abstract

National Institute of Technology, Tokuyama College has been using email since 1986, and it has become an essential means of communication. In 2007, we successfully implemented Symantec's spam filter to reduce unwelcome email and protect against viruses. In recent years, we also started using Microsoft Exchange Online, an email system using the cloud of Microsoft Office365, and procured by the National Institute of Technology headquarters. This paper describes how to set up the countermeasures against email spam in our original email system and the Microsoft Exchange Online. It also explains the current operation of these email systems.

**Key Words :** email, spam, Symantec Messaging Gateway, Microsoft Exchange Online

### 1. はじめに

本校では、昭和 62 年から電子メールを利用し始めており、日常業務で頻繁にメールでの連絡が行われている。メールは、離れている人へ連絡する以外にも、資料を送付する手段や非同期で仕事を進める手段としても便利なツールである。

しかし、便利な反面で、迷惑メールやウイルス付きメール(以下、spam メール)が送られてくることより、必要なメールの見落としや、セキュリティインシデント発生の恐れが高まる。そのため、これらの不必要なメールに対する対策が必要である。

本校では、spam メール対策として、平成 19 年度から有償ソフトウェアのシマンテック社製<sup>1)</sup>スパムフィルター(以下、SMG[Symantec Messaging Gateway])を学内からの要望によって導入し、運用を開始した。これにより、spam メールが利用者に届かなくなり、必要なメールが spam メールで埋もれてしまうことが少なくなったことについて報告した<sup>2)</sup>。

一方、近年では高専機構本部(以下、機構本部)が全

国の国立高専で利用するために調達した Microsoft Office365<sup>3)</sup>(以下、Office365)で用いているクラウド型のメールシステムである Microsoft Exchange Online(以下、Exchange Online)の利用も開始している。

本論文では、学内で運用している SMG を利用したメールシステム(以下、本校の SMG メールシステム)による spam メール対策を 2 章で述べ、機構本部が調達した Exchange Online での spam メール対策について 3 章で述べる。4 章では、これらのメールシステムの運用上の課題について整理して述べる。

### 2. SMG の概要と運用状況

本節では、本校の SMG メールシステムを活用した spam メール対策について、SMG の概要、ならびに、本校での設定状況と運用状況について述べる。

#### 2.1 SMG の概要

SMG では、外部から受信したメールだけでなく、内部から送信したメールに対しても spam メールとして判定

\*<sup>1</sup> 教育研究支援センター 第三技術室

\*<sup>2</sup> 情報電子工学科

することが可能である。spam メールと判定するために利用する定義ファイルは、システムを無停止で自動更新され、常に最新の定義ファイルによって運用可能である。

spam メールと判定された際には、事前に設定している spam メールに対する処理方針(以下, spam ポリシー)の内容に沿って処理が行われる。spam ポリシーは、デフォルトで登録されている spam ポリシー以外にも、状況に応じてシステムに設定することができる。

また, Web からアクセスできる管理用ダッシュボードから, SMG を経由したメールのうち, spamメールの判定処理結果をリアルタイムで確認できるレポート機能が備わっている。さらに, この機能では, スケジュールを組むことによって, レポートを自動生成し, あらかじめ設定した宛先にメールで通知することもできる。



図1 受信メールの spam 検出設定



図2 受信メールの spam の疑い検出設定

## 2.2 本校の SMG メールシステムの設定

本校では, Firewall とメールサーバの間に SMG を設置しており, 「@tokuyama. ac. jp」に関するメールについて処理を行っている。この設置形態では, 以下に述べる 1)~3) の配送パターンが存在する。

- 1) SMG におけるインバウンド・メッセージ  
学外から本校(@tokuyama. ac. jp)宛に送られるメール
- 2) SMG におけるアウトバウンド・メッセージ  
本校(@tokuyama. ac. jp)から学外宛に送られるメール
- 3) SMG を通過しないメッセージ  
学内から学内宛に送受信されるメール(SMG を通過しないためアンチスパム処理は行わない)

1)や 2)の配送によって, SMG が「spam または spam の疑いのメール」を受信した場合には, 図 1 のように設定した spam ポリシーに基づいて, spam の検疫場所にメールを隔離し, 利用者にはメールを配送しないことを基本の設定としている。

但し, 1)のような外部から到達するメールのうち, 「spam の疑い」の場合については, 誤検出の可能性があるために, 図 2 のように設定し, 検疫場所に隔離することを行わずに, 各利用者に配送する。具体的には, 「[SPAM の疑いがあります]」を件名の先頭に追加し, 値「Suspected Spam」のヘッダー「X-SMS-Scanned」を追加して, 利用者にメールを配送し, 利用者側にて, spam メールかどうかの判断をお願いしている。

## 2.3 SMG の運用状況

SMG の運用状況は, 図 3 のように Web 上のダッシュボ

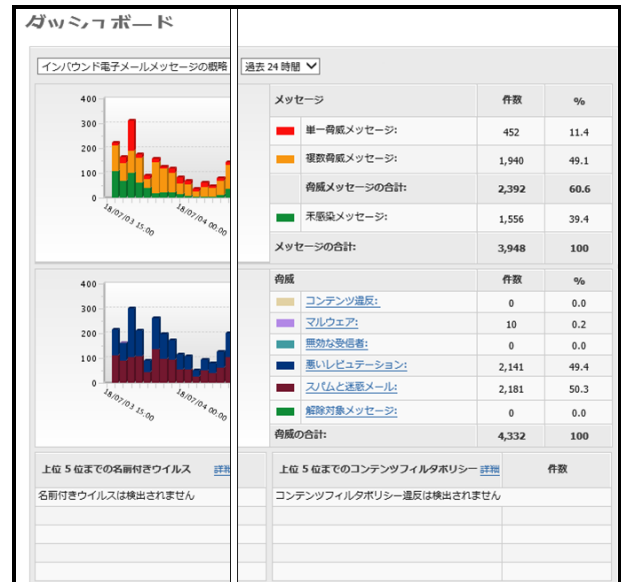


図3 ダッシュボード

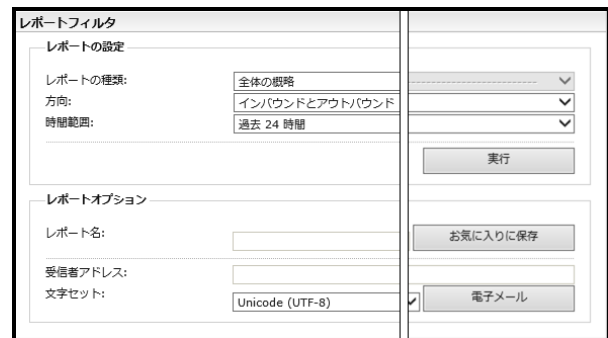


図4 レポート作成

ードからインバウンドとアウトバウンドの処理状況を確認することができる。ダッシュボードでは, 過去 1 時間, 過去 24 時間, 過去 7 日間, 過去 30 日間の情報を選択して表示することができる。

運用状況をより詳細に確認するには、図4のレポート作成画面からレポートを作成する。レポートの設定部分を変更することで、取得したい情報のレポートが作成できる。

レポートをエクスポートする場合には、HTML、PDFの各形式でのファイルまたはCSV形式でのファイルでエクスポートすることができる。

SMGが2017/9/1～2018/3/31の期間で処理したメールの内訳を表1に示す。同様に、表1の脅威を含む数のうち、脅威の種類の内訳を表2に示す。

表2の脅威の種類のうち、現在の設定では、悪いレピュテーションのメールの全てが、シマンテックグローバルの悪い送信者からのメールであることをレピュテーションの概略レポートから確認している。

このシマンテックグローバルの悪い送信者とは、SMGがspamメールやウイルス付メールなどの好まれないメールを大量に配信しているサーバのリストを作成しており、そのリストの中に存在するサーバから送信されたメールのことである。

この仕組みにより、管理者がspamメールを大量に配信しているサーバのリストを作成・更新することなく、管理者の運用負荷をかけないで、spamメールを判定することができる。特に、本校では、表2で示したとおり、悪いレピュテーションとspamメールがほぼ同数であるために、シマンテック社が作成している悪い送信者のリストが有用に働いている。

なお、マルウェアと判定されたメールの中には、メールの添付ファイルを暗号化していた場合も数に含まれている。そのため、アウトバウンドのメールでマルウェアと判定されたメールのほとんどが添付ファイルを暗号化して送信したメールであった。

### 3. Microsoft Exchange Online の運用状況

本節では、機構本部が調達したExchange Onlineの概要、ならびに、機構全体での設定と本校における運用状況について述べる。

#### 3.1 Microsoft Exchange Online の概要

機構本部が調達したOffice365は、機構に在籍する全教職員及び全学生が利用可能であり、教職員は教職員用のライセンス形態が、学生には学生用のライセンス形態が付与され、アカウントが登録されている。

このアカウントは、「@tokuyama.kosen-ac.jp」というドメイン名で本校には割り当てられており、Office365のExchange Onlineのメールアドレスとしても利用できる。

表1 SMGが処理したメール(2017/9/1～2018/3/31)

メール	インバウンド	アウトバウンド
処理した数	869,044	47,531
脅威を含む数	600,802(69.1%)	101(0.2%)

表2 脅威メールの種類(2017/9/1～2018/3/31)

脅威の種類	インバウンド	アウトバウンド
マルウェア	32,915(2.8%)	49(48.5%)
悪いレピュテーション	565,937(48.3%)	0(0.0%)
spamメール	572,567(48.9%)	52(51.5%)

1つのメールに複数の脅威が含まれている場合もあるため、表1の脅威を含む数と、表2のそれぞれの脅威メールを合計した数は一致しない。

このExchange Onlineのメール機能を利用するには、Webアプリケーションとして、Office365へサインインし、Outlookのアプリケーションを使用することで、Exchange Online宛のメールを各自の利用端末にて送受信することができる。

また、パソコンやモバイル端末にOutlookをインストールしてアカウントの設定をする、もしくは、SMTPやIMAPなどの汎用のプロトコルを用いて、利用者の好みとするメーラで接続すれば、Exchange Onlineにあるメールを送受信することができる。

#### 3.2 Microsoft Exchange Online の spam 設定

現在、Exchange Onlineのspamに関する設定は、Office365の管理ツールにあるExchange管理センターから行うことができる。現行の設定は、次の通りになっている。

機構全体として管理している「kosen-ac.jp」のドメインからの送信メールの場合、spamメールであるかを判定するためのspamフィルターの処理内容は、『spamフィルターは常に有効』から変更できないようになっている。

送信メールがspamメールと判定された場合、spamメールと判定されたメールをコピーして、機構本部が指定したメールアドレスへ送信する設定ができるが、現在は、機構全体の管理としては、この設定を無効にしている。この設定による動作は、少量のspamメールの送信に対して適用される設定内容であり、大量にspamメールが送信された場合には、その該当ユーザからの送信をExchange Onlineの仕様としてブロックする動作となっている。

そして、大量にspamメールを送信し、メールの送信がブロックされたユーザがいる場合、管理者が指定したメールアドレスへ通知する設定ができるが、先ほどの設定と同様で、こちらも通知しない設定としている。

一方、受信メールが spam メールと判定された場合、受信者の迷惑メールフォルダにメールを振り分けるように設定されている。そして、広告メールや宣伝メールのように不特定多数に大量に配信されるメールについても受信者の迷惑メールフォルダに振り分けるように設定されている。そのため、必要なメールが spam メールと判定されたとしても、各利用者の迷惑メールフォルダに入っているため、各利用者の判断において、メールを確認することができる。迷惑メールフォルダに誤判定で分類されてしまった場合は、図 5 のように各利用者で迷惑メールフォルダに分類されないように、信頼できる差出人として設定することができる。

### 3.3 Microsoft Exchange Online の運用状況

Exchange Online の運用状況は、セキュリティ/コンプライアンスセンターのレポートメニューの中にあるダッシュボードからメールの送受信の数量や迷惑メール、マルウェアの送受信の数量をグラフで確認することができる。

ダッシュボード上では、各グラフが 1 つの画面上に表示されているため、spam メールをより詳細に確認したい場合は、迷惑メールの検出というグラフを選択する。迷惑メールの検出を表示させた場合は、次のようになっている。

- ・既定の設定では、前日から過去 7 日間について表示されている。そのため、当日の現況について、リアルタイムで spam メールを把握することができない。
- ・グラフに表示することができる期間は、前日から過去 90 日前までである。
- ・横軸が日付となっているため、各日付の spam メールの数量は把握できる。しかし、表示している期間の合計での spam メール量となると、各日付の spam メールを足していけないと把握することができない。

また、Office365 は機構本部で調達されたシステムであるため、Exchange Online の運用状況も機構全体としての状況は把握しやすいが、本校だけの運用状況を確認することが難しい。

## 4. 運用上の課題と現時点の解決策

本節では、二つのメールシステムの運用上の課題と現状における解決策を記載する。

### 4.1 Exchange Online 用メーリングリストの運用

本校では、各クラスへの連絡で利用できるように、



図 5 迷惑メールフォルダ設定

各クラスのメーリングリスト(以下、ML)を作成し、年度初めにメンバー更新を行い、活用している。この ML に登録されているメールアドレスは、本校の SMG メールシステムのメールアドレス「@tokuyama.ac.jp」についてである。

学生は、学内の教育電算室に設置されているパソコン、または Web メールである xGate4 を利用し、本校のメールを確認することができる。この xGate4 は、学外からも利用可能であるが、あらかじめログイン URL を知っておく必要がある。これらの環境で学生は、自ら定期的にメールの確認を行う必要があり、そのための教育も必要である。

一方、Exchange Online で使用するメールアドレス「@tokuyama.kosen-ac.jp」を活用すれば、第 3.1 節でも述べたようにアカウントの設定を各利用者が行えば、いつでもプッシュ型メールで受信ができる利点がある。

今年度、1 年生担任から Exchange Online の利点を活用し、クラス連絡を行いたいという依頼があった。そこで、情報処理センターでは、Exchange Online のメールアドレスを登録し、ML を作成することになった。

ML の作成においては、次の 1)～3)の方法がある。

- 1) 既存の ML システム<sup>4)</sup>を使用

本校では、独自開発した Web 上から本校のメールシステムを用いて ML が作成できるようになっている。

この機能は、本校のメールアドレス以外のメールアドレスも登録できるようになっているため、既存システム上で ML を作成可能である。

- 2) Office365 セキュリティ・グループを使用

「@tokuyama.kosen-ac.jp」のドメインをグ

ループのアドレスとして利用できる。各ユーザでグループを作成することができず、管理者が作成しなくてはならない。また、グループメンバーの更新を手作業で行う必要がある。

このグループは、Office365 アプリケーションでも活用できる。外部の送信者を受け付ける設定にしない限り、「kosen-ac.jp」以外からの送信はできない。

### 3) Office365 グループを使用

各ユーザで自由に作成することができる。

「@tokuyama.kosen-ac.jp」のドメインをグループのアドレスとして利用できない。グループメンバーの更新を手作業で行う必要がある。

先に示した 2), 3)の通り、Office365 上でグループを作成し、ML として利用することはできる。しかし、ML の利用方法について、高専機構全体としてはほぼ定まってきた段階であるため、本校における利用方法を定めるまでには進んでいない。現時点では、更新するためのリストをグループ作成希望者が準備し、作成から登録までを管理者(情報処理センター)が手作業で行うような試行をしている段階である。

そのため、学生へのサービスとなると、不具合が生じたときに対処の行きやすい運用実績のある前述の 1)の方法で、本年度は実現した。

実際に、1)の方法により作成した ML を運用したところ、図 6(a)のように Exchange Online のメールアドレスから、登録した ML にメールを送信すると Outlook で確認した際に、迷惑メールフォルダに振り分けられるという問題が発生した。

一方で、図 6(b)のように、学内のメールアドレスから今回作成した ML に送信した場合は、迷惑メールフォルダには振り分けられなかった。

原因として、学内から送信したメールは、SMG、Firewall を通過して、Exchange Online に届き、各ユーザに配送される。しかし、Exchange Online から ML 宛にメールを送信すると、図 6(a)のように Exchange Online から一度学内のメールサーバに届き、そこから、もう一度 Exchange Online へ配送される。そのため、Exchange Online 内で完結するような配送であるにも関わらず、外部のメールサーバを経由して届くために、なりすましやその他の spam メールと判断され、迷惑メールフォルダに振り分けられるのではないかと考えた。

迷惑メールフォルダへの振り分けを停止するには、第 3.2 節の図 5 で示した方法により、各ユーザで、tokuyama.ac.jp を信頼するように設定をする方法がある。しかし、上記の方法で ML を利用する全てのユーザ

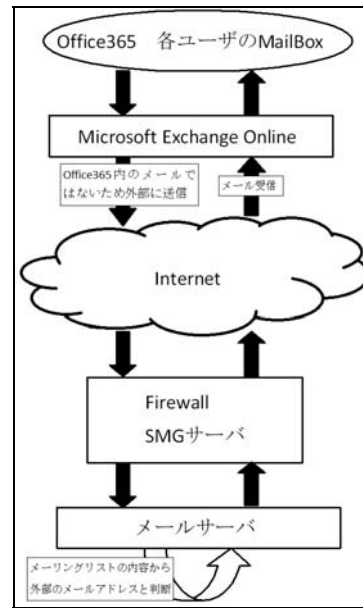


図 6(a) ML へのメール送信

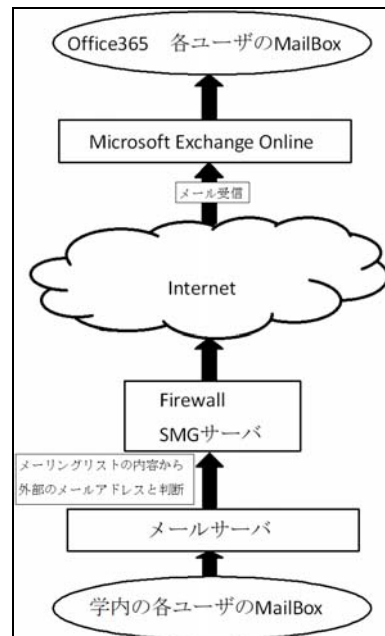


図 6(b) 学内からの ML へのメール送信

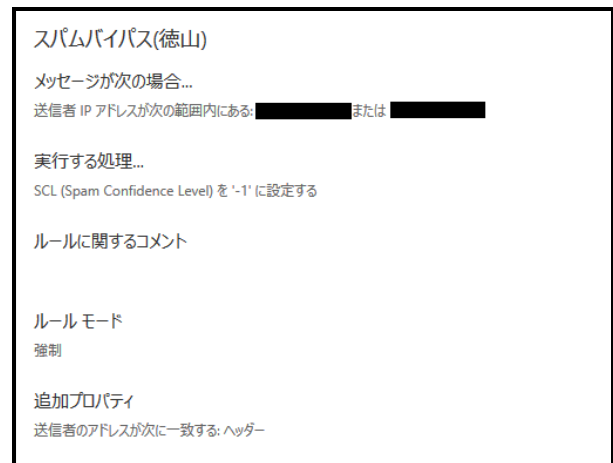


図 7 迷惑メールフォルダの振り分け設定

を手作業で登録するにはユーザの手間がかかる。

管理者が一括で設定する方法を調べるとExchange 管理センターで設定できることが判明した。Exchange 管理センターのメールフローのルール設定を図7に示す。本校のメールシステムから受信したメールはspam メールと判定されないよう、常に Spam Confidence Level を「-1」にするように設定した。

上記の設定により、Exchange Online のメールアドレスを利用して、学内のMLに送信しても迷惑メールフォルダに振り分けられないようになった。

#### 4.2 メール配送状況についての問い合わせ対応

本校のメールシステムを利用している利用者から「メールが正しく宛先に送信されたか確認してほしい」や「ある送信元からメールが届いているかどうか確認してほしい」などメールの配送状況について問い合わせがある。

本校のメールシステムの場合は、管理者が本校の情報処理センターのため、問い合わせがあった内容によって利用者の同意のもと、メールの配送状況を確認することで問い合わせに応じている。

しかし、Exchange Online で同様な問い合わせがあった場合、Office365 については、全ての管理者権限を持つのは機構本部であり、本校は Office365 の一部の管理者権限しかない。状況に応じて、機構本部にしかできない操作については、機構本部へ問い合わせなければならない。

そのため、本校では、ユーザからのメールの送信ができていないかの問い合わせや、ある宛先からメールが届いているかのような問い合わせ内容に答えることができないことが予想される。

Office365 は、共通のクラウド型システムのため、メールを送信する際に、機密性を要する場合には、推測されない件名の付け方や添付ファイルの暗号化が必要である。そのために、学内でセキュリティ教育を実施し、ユーザのセキュリティに対する意識を高めていかなければならない。

#### 4.3 課題の整理

現時点では、本校のシステム(tokuyama.ac.jp)ならびに、機構本部のシステム(tokuyama.kosen-ac.jp)の2つのシステムを並行稼働させている。

機構本部のメールシステムへ変更することは、各利用者にメールアドレスを変更するようお願いすることであるため、この先数年は、この2つのシステムのそれぞれの利点を生かしながら、運用を継続すること

になる。最終的には、機構本部のメールシステムに移行することから、現時点での課題は以下の通りとなる。

- ・ 4.1 節に述べた「グループ」の仕組みについて、機構本部の動向や他校の動向を見つつ、技術的な方法を調査した上で、運用方法を確立していく必要がある。
- ・ 4.2 節に述べた通り、各利用者からの問い合わせに対して、メールの疎通が適切に行えるという技術的な面での支援に加えて、本校で調査可能なこと、本校で技術的に対応可能なこと、本部に依頼すべきことを事前に整理しておく必要がある。

#### 5. まとめ

本論文では、SMG を利用した本校の SMG システムと機構本部が調達した Exchange Online の spam メール対策及び運用状況について述べた。

SMG のレポート機能を用いて、現在も7割程度の spam メールが検出されており、spam メール対策が有用であることを確認した。

Exchange Online では、spam フィルターで迷惑メールフォルダに分類される設定になっていることを確認し、報告した。実運用として、spam メールに誤分類が発生した際の回避方法について調査し、その調査事項に基づいて運用していることを報告した。

本校のメールシステムや Exchange Online を利用する際の運用時の課題について整理した。これらを今後どうしていくのか学内で検討し、解決する必要がある。

#### 文献

- 1) シマンテック電子メールゲートウェイセキュリティソフト公式Webサイト  
<https://www.symantec.com/ja/jp/products/messaging-gateway> (2018/09/05 Online)
- 2) 林, 鳥居, 義永, 新田, 力, 国重, 室長, 池田, 桑嶋, 柳澤: 本校における迷惑メール対策の運用とその状況, 徳山工業高等専門学校紀要, 第31号, pp. 69-72 (2007)
- 3) Microsoft Office365 公式Webサイト  
<https://products.office.com/ja-jp/business/office> (2018/09/05 Online)
- 4) 鳥居, 林, 新田, 力, 桑嶋, 柳澤, 池田, 国重, 室長, 義永: Web ベースの簡単メールリテラリスト管理システム, 徳山工業高等専門学校紀要, 第31号, pp. 65-68 (2007)

(2018.09.05 受理)



委員長 西村 太志 (図書館長・機械電気工学科)  
委員 橋本 堅一 (図書館長補・土木建築工学科)  
高橋 祥吾 (一般科目)  
飛車 来人 (機械電気工学科)  
高山 泰博 (情報電子工学科)

徳山工業高等専門学校研究紀要 第42号

---

平成30年12月1日発行

編集兼 徳山工業高等専門学校  
発行者 〒745-8585 周南市学園台  
TEL 0834 (29) 6200

---

---

## Contents

---

1-Way versus 2-Way Alternating Multi-Counter Automata with Sublinear Space . . . . .	Tsunehiro YOSHINAGA Makoto SAKAMOTO . . . . .	1
Electromagnetic Induction Element for Contactless Power Transfer System using Tape-Heater Power Line . . . . .	Takehito YAMADA Kaisei IWAKI . . . . .	5
Preparation of Tungstate $K_2W_4O_{13}$ with a Tunnel Structure and Ion Exchange Products . . . . .	Masao OHASHI . . . . .	11
Characteristics of the work of hospital cleaners and of their physical pain . . . . .	Tadashi UNO Tsuyoshi TANOUÉ Kazuhiro MORIMASA . . . . .	17
Operation status of email and usefulness and challenges of countermeasures against spam . . . . .	Misaho TAKAKI Yoshio HAYASHI Keiko TORII Takayuki NITTA . . . . .	23

---