都城工業高等専門学校

研 究 報 告

第54号

目 次

研究論文編

○Usages of Macro of C Programming Language such as Prefix Style Operator ·······中村博文・渕田孝康····· 1
○興奮性および抑制性シナプスのSTDP学習に関する一考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
○LIX84-I固定化イオン液体ゲル微粒子によるCu(II)抽出特性 ・・・・・・・・・清山史朗・塩盛弘一郎・武井孝行・吉田昌弘・・・・・19
○タイの知的財産権をめぐる現状・・・・・・・25
教育論文編
○実験スキル評価シートを利用した電気情報工学実験の改善 その1. 電子回路実験・・・・・・・・・・白濱正尋・・・・・32
**

研究論文編

Usages of Macro of C Programming Language

such as Prefix Style Operator

Hirofumi NAKAMURA¹ and Takayasu FUCHIDA²
(Accepted October 1, 2019)

Abstract Language processors of C programming language and C++ programming language have preprocess functions for the compilation. One of the preprocess functions, called "macro," can do replacement alphanumeric names and their arguments to defined strings and the arguments in the source code. This paper shows that the instructions of execution controls of statements and expressions can be expressed such as prefix style operators using macros in certain situations of source code writen in C or C++ programming language. Specifically, (1): iteration controls and (2): execution/non-execution controls are described. (1) leads to describing concise and easy-to-understand code by appropriately naming macros. (2) leads to reductions in keyboard operations related to trial and error. Furthermore, unlike commenting, since the compilation check is also done on non-executing parts on (2), there is a possibility to notice early that the non-executable part needs to be modified.

Keywords [C programming language, C++ programming language, Preprocessor, Macro, Prefix style operator]

1 Introduction

Language processors of C programming language¹⁾ (hereinafter briefly called C and including C++ programming language²⁾, hereinafter briefly called C++, which has upper compatibility with C) have preprocess functions for the compilation. One of the preprocess functions, called "macro," can do replacement (called macro expansion) alphanumeric strings (called macro names) and their arguments to defined strings and the arguments in the source code (hereinafter called "code"). Each defined replacement which has alphanumeric name and replacement rule is also usually called macro.

Using macros bring (a): partial omission in code description^{3, 4)}, (b): syntax abstraction⁵⁾ and (c): omission of overhead of function call^{3, 6)}. In this paper, we propose several examples of effective macro uses

contribute for (a) and (b).

Specifically, in section 2, we show examples so that macros with meaningful names can briefly describe instruction of repetitive control in a code such as prefix style operator (hereinafter briefly called "operator").

Furthermore, in section 3, we show examples so that macros can briefly describe the instructions of execution/non-execution control in the code on the trial and error or debugging during a program development.

We compare our method with existing similar uses of macros in Ref. 7) and the Linux code⁸⁾ etc. in both sections.

2 Instruction of iteration such as operator

2.1 Concrete examples

There are cases where the instructions of iterations can be written such as operators.

¹ General Education Division, National Institute of Technology(KOSEN), Miyakonojo College

² Graduate School of Science and Engineering, National University Corporation Kagoshima University

At first, we show application examples to the following $code^{\dagger 1}$ by the sweeping-out method for a inverse matrix.

```
for(i=0; i<N; i++)
  for(j=0; j<N; j++)</pre>
    inv[i][j] = ((i==j) ? 1.0 : 0.0);
for(i=0; i<N; i++){
  w = 1.0/a[i][i];
  for(j=i+1; j<N; j++) a[i][j] *= w;
  for(j=0; j<N; j++) inv[i][j] *= w;</pre>
  for(j=0; j<N; j++){
    if(i!=j){
      w = a[j][i];
      for(k=i+1; k<N; k++)</pre>
        a[j][k] -= a[i][k]*w;
      for(k=0; k<N; k++)
        inv[j][k] -= inv[i][k]*w;
    }/* if */
  }/* j */
}/* i */
```

For this code, if you define^{†2} macros such as

```
#define F(v) for(v=0; v<N; v++)
#define Fi F(i)
#define Fj F(j)
#define Fk F(k)</pre>
```

with F in common or

```
#define Fi for(i=0; i<N; i++)
#define Fj for(j=0; j<N; j++)
#define Fk for(k=0; k<N; k++)
```

with no other common macro, the code can be described $^{\dagger 3}$ as follows $^{\dagger 4}$.

```
Fi Fj inv[i][j] = ((i==j) ? 1.0 : 0.0);

Fi{
    w = 1.0/a[i][i];
    for(j=i+1; j<N; j++) a[i][j] *= w;
    Fj inv[i][j] *= w;

Fj{
        if(i!=j){
            w = a[j][i];
            for(k=i+1; k<N; k++)
                  a[j][k] -= a[i][k]*w;
            Fk inv[j][k] -= inv[i][k]*w;
        }/* if */
        }/* Fj */
    }/* Fi */</pre>
```

Whether or not to define macros used fewer times is arbitrary. However, if you define further macro such as

```
#define Fij Fi Fj
```

with Fi and Fj , the beginning of the code is also possible to describe as follows, where naming of macros and how to put spaces and line breaks in the code are arbitrary.

```
Fij inv[i][j] = ((i==j) ? 1.0 : 0.0);
```

In the above examples, a character F reminiscent of "For each" is used in F and Fi etc.

Instead of F portion of the macro name Fi etc., using A reminiscent of "All" or E reminiscent of "Each" is arbitrary, for exmaple A, Ai, Aj and Aij.

Compared to using only $F(\cdots)$, using Fi and Fj etc. is more concise. However, using $F(\cdots)$ is also arbitrary.

When iterations whose final values of individual control valuables are different are used, for example, if M

^{†1} For example, we assume #define N 100 , double a[N][N], inv[N][N], w; and int i,j,k; .

^{†2} Where, to define control variables or not in iteration statements is arbitrary.

^{†3} For your information, if you define a macro that can describe array a[i][i] such as a(i,j) or aij (fot examples, by with #define a(i,j) a[i][j] or #define aij a[i][j]), the code will be more concise and closer to the mathematical expression. Further more, when you want to check the ranges of array index's values on debugging, you can finish by only one place modification in the macro definition such as #define a(i,j) a[(0<=(i)&&(i)<MAX)?(i):printf("ax:%d\n",(i))][...] instead of writing same strings throughout the code.

^{†4} Specific examples of the proposed methods are written in the blue square frames.

times repetition is also used, some macros defined such as

```
#define FvV(v,V) for(v=0; v<V; v++)
#define FiN FvV(i,N)
#define FjN FvV(j,N)
#define FiM FvV(i,M)
#define FjM FvV(j,M)</pre>
```

or

```
#define AvV(v,V) for(v=0; v<V; v++)
#define AiN AvV(i,N)
#define AjN AvV(j,N)
#define AiM AvV(i,M)
#define AjM AvV(j,M)</pre>
```

can be used. The macro names of here, such as AiN, are examples of namings reminiscent of universal quantifier such as $\forall i \in \{k \mid 0 \leq k < N, \ k \in \mathbb{N}\}.$

The following example is the tracing of a linear list. If you define macros such as \dagger5

```
#define Trace(data, v) \
  for(v=data##HEAD; v!=NULL; \
    v=v->next)
#define Tp Trace(list, p)
```

or a macro such as

```
#define Tp \
  for(p=listHEAD; p!=NULL; p=p->next)
```

by combining, the trace of the list can be described with Tp as follows.

```
sum=0; Tp sum += p->value;
```

When multiple linear lists (in general, similar plural data structures) are used, it is arbitrary to selectively use macros named with strings of the parts of each list's name. In particular, for the data whose repeat structures are same, it is arbitrary using a common macro so that each data name is specified as an argument of the common macro as follows.

```
#define Trace(data, v) \
  for(v=data##HEAD; v!=NULL; \
    v=data[v].next)
#define Tp(diff) Trace(list##diff, p)
```

It can be used as follows.

```
sum1=0; Tp(1) sum1 += list1[p].value;
sum2=0; Tp(2) sum2 += list2[p].value;
```

As described above, you can write instructions of iterations such as prefix style operators when you usually write iterations with "for" or "while" statements. When the same or similar repetitive control appears many times, the advantage of simplifying the description increases. In addition, there is also an advantage of macros that it may be possible to make a correction at only one place, not at each place, when a common correction is required in the code.

There is a function definition besides a macro definition as C's function that makes it possible to write the code parts, that appears several times in code, in the form of a name and arguments. Since the definitions of named function cannot be described inside a function definition, even when the use points of the functions are limited to a relatively narrow range of the entire code, the positions of the function definition may be far away from the use points. This must be a big burden when viewing the code. Because macros can be defined also in the middle of a function definition, you can choose the positions of the function definitions near where you use them.

2.2 Existing similar examples

Macros of code part^{†6}

```
#define loop(n) {int _i_; \
   for(_i_=1;_i_<=(n);_i_ ++) {
#define lend }}</pre>
```

in the Ref. 7) used by sandwiching the object to be repeated between the front and the back. On the other hand, the proposed description method given in 2.1 does not require posterior parts. Furthermore, since

```
#define forto(i,from,to) \
  for(i=(from);i<=(to);i++)
#define downto(i,from,to) \
  for(i=(from);i>=(to);i--)
```

in Ref. 7) stay in general-purpose with almost all information instructed as arguments, the proposed description method given in 2.1 is simpler.

As examples from a large-scale C code involving a lot of people, we looked for iteration macro definitions using "for" or "while" statements in Linux code⁸⁾. For examples, there exists definitions such as

```
#define for_each_ethrxq(sge, i) \
  for (i = 0; i < (sge)->ethqsets; i++)
```

in the file drivers\net\ethernet\chelsio\cxgb4\cxgb4.h,

```
#define for_each_pci_dev(d) \
  while ((d = pci_get_device(PCI_ANY_ID, \
    PCI_ANY_ID, d)) != NULL)
```

in the file include\linux\pci.h,

```
#define shdma_for_each_chan(c, d, i) \
  for (i = 0, c = (d)->schan[0]; \
        i < (d)->dma_dev.chancnt; \
        c = (d)->schan[++i])
```

in the file include\linux\shdma-base.h,

```
#define gmap_for_each_rmap(pos, head) \
  for (pos = (head); pos; pos = pos->next)
```

in the file $arch\s390\include\asm\gmap.h$ and

```
#define LOAD_FIXED_STATE(tbl,dev) \
  for (i = 0; \
    i < sizeof(tbl##Table##dev)/8; i++) \
  chip->dev[tbl##Table##dev[i][0]] \
    = tbl##Table##dev[i][1]
```

in the file drivers\video\fbdev\riva\riva_hw.c. Their names include information in not short names to make them easier to understand in the big code. Compared to them, we emphasize that proposed description method such as in 2.1 is simple prefix style operator.

3 Instruction of execution/non-execution of code part such as operator

In trial and error or debugging during the program development, some code parts may become necessary or may become unnecessary. It may be common to do them by commenting and uncommenting.

About this, examples of instructions such as operators are given in following 3.1 and 3.2.

3.1 Instruction of execution/non-execution for one statement

At first, we treat descriptions such as operators for control of execution/non-execution of one statement.

It is often done to make comment such as

```
proc_a(1); /*proc_b(2);*/ proc_c(3);
```

with /* and */. On the other hand, if you prepare a macro definition such as

```
#define D if(0)
```

by using "if" statement, you can write as follows $^{\dagger 7}$.

^{†6} The following examples are input without pares of a backslash and a line break in Ref. 7) and Ref. 8).

^{†7} There exists definitions of the same purpose using ternary operator in http://tricky-code.net/nicecode/code10.php (referred at 2018-7-11) of tricky-code.net such as #define debug and #define debug 1? (void)0:. However, ternary operator can be applied to expressions in general, but it cannot be used for statements such as "for", "while" and compound statements enclosed in { and }, causing errors.

```
proc_a(1); D proc_b(2); proc_c(3);
```

In this example, although the name of the macro is assumed to be temporarily D, naming is actually arbitrary. During a program development, when the reversal of execution and non-execution control is frequent, the change with our method will be efficient because characters to change are few. Although macro name can be more than two characters, one character is optimal.

Compared with ordinary non-execution enclosed by /* and */, macro D can non-execute one statement only by inputting two characters such as a D and a space. Furthermore, it is not necessary to move the input cursor to the end point of the code portion must be non-executed. If a compound statement enclosed by { and } is targeted, you don't need a space before {, so you only need to enter one character D.

The effort of the undoing is also efficient, i.e. remove a D and a space or remove only a D, than uncommenting which removes /* and */.

In the C ++ code, // is convenient for commenting up to the end of the line. However, if you want to switch between executing and non-executing for one statement in the middle of a line, not until the end of the line, the macro such as above D is more convenient also in the C++ code.

3.2 Instruction of execution/non-execution for multiple statements or multiple lines

If you want to apply a macro such as D to multiple statements in one line or in multiple lines, you can do it such as

```
D{
:
:
}
```

with D, { and }.

Inversions of executions and non-executions of the code parts are possible by inputting or deleting the character D. However, if you prepare by adding a macro

```
#define DD if(1)
```

or a macro

```
#define DD
```

whose macro expansion is an empty string, insert strings in each place of the code are always one character, i.e. D. If the inversions are frequent, this method is more beneficial. It is arbitrary whether to prepare furthermore macro such as

```
#define DDD if(0)
```

with one more character.

To delete Ds in the code may be one way for activating. However, the use of DDs has the advantage that the signs that it is in the process of improvement of the code do not disappear. The macro names are arbitrary, such as D and E, X and $EX^{\dagger 8}$, D and ND, and modified macro names with the purpose or group etc., instead of D and DD.

When you want to activate all $D\,s$, of course, you have the choice to modify the definition of D to

```
#define D if(1)
```

instead of deleting all D in the code. Otherwise, you have the choice to modify the definition of D to

```
#define D
```

which is expanded to an empty string. These complete only one portion change in entire the code.

In the above, D and DD work such as an operator acting on the next lump.

Since D and DD are actually realized by "if" statements, the effects of D and DD can be interrupted by inserting; immediately after them. That is, as another way of activation, the instruction can be done by inputting; and making it as D;, instead of deleting D. The notes on the way are described in 3.4.

On the controls of execution/non-execution of single or multiple lines of a code, it is often surrounded by **#if** line and **#endif** line. For example, debug related code parts are surrounded such as follows.

```
#define DEBUG_SW_xxxxx 0
#if DEBUG_SW_xxxxx
:
:
:
#endif
```

On the other hand, it is conceivable to prepare a macro such as

```
#define DEBUG_xxxxx if(0)
```

or

```
#define DEBUG_xxxxx if(1)
```

and to rewrite with { and } as follows.

```
DEBUG_xxxxx {
:
:
}
```

In this example, DEBUG_xxxxx is used as the macro name. DEBUG_xxxxx can be regarded as an operator that determines execution/non-execution of the debug related code parts.

For non-execution of unused code parts or checking code parts, commenting or surrounding with #if 0 and #endif are often done. However, these may cause the following disadvantages. If there are changes in the data structures etc., some reflections may be forgotten in the commented parts. And when you want to execute them suddenly at a later date, after the compiling errors occured after the uncommenting or replacement of #if 0 to #if 1, you can notice for the first time that they have not been reflected. To make corrections after a long time will increase the time to remember and confirm.

However, if they had not been commented, they could be noticed and started correspondence with other related parts at the time of the first compilation with errors after changing the data structures etc. if not sooner. Even if execution is not done, but the compilation check is done, you will increase the possibility that you will notice the inconsistency as soon as possible. The use of macros is also beneficial in this point.

3.3 Existing similar examples

There exists similar purpose code parts in Linux $\mathrm{code}^{8)}$ such as

in the file include\net\pkt_cls.h,

```
/* #define apic_debug(fmt,arg...)
  printk(KERN_WARNING fmt,##arg) */
#define apic_debug(fmt, arg...) \
  do {} while (0)
```

in the file $arch\x86\kvm\lapic.c$,

```
#ifdef MMU_DEBUG
:
#define pgprintk(x...) \
  do { if (dbg) printk(x); } while (0)
```

```
#define rmap_printk(x...) \
                                                        #define for_each_memcg_cache_index(_idx) \
     do { if (dbg) printk(x); } while (0)
                                                          for (; NULL; )
   #define MMU_WARN_ON(x) WARN_ON(x)
   #else
                                                        #endif /* CONFIG_MEMCG_KMEM */
   #define pgprintk(x...) do { } while (0)
   #define rmap_printk(x...) do { } while (0)
                                                     in the file include\linux\memcontrol.h,
   #define MMU_WARN_ON(x) do { } while (0)
   #endif
                                                        #ifdef DEBUG
                                                        #define DBG(x...) printk(x)
in the file arch\x86\kvm\mmu.c,
                                                        #else
                                                        #define DBG(x...) do { } while (0)
   #ifndef CONFIG_LDM_DEBUG
                                                        #endif
   #define ldm_debug(...) do {} while (0)
   #else
                                                     in the file arch\arm\plat-iop\pci.c,
   #define ldm_debug(f, a...) \
     _ldm_printk (KERN_DEBUG, __func__, \
                                                        #ifdef DEBUG
                                  f, ##a)
                                                        #define ASSERT(x) \
   #endif
                                                        do { \
                                                          if (!(x)) { \
in the file block\partitions\ldm.c,
                                                            printk(KERN_EMERG "assertion failed \
                                                               %s: %d: %s\n", \
   #if defined(QL_DEBUG)
                                                               __FILE__, __LINE__, #x); \
   #define DEBUG(x)
                       do \{x;\} while (0);
                                                              BUG(); \
                                                          } \
   #else
   #define DEBUG(x) do {} while (0);
                                                        } while (0)
   #endif
                                                        #else
                                                        #define ASSERT(x) do { } while (0)
                                                        #endif
in the file drivers\scsi\qla4xxx\ql4_dbg.h,
   #ifdef DEBUG
                                                     in the file arch\x86\kvm\ioapic.h. These macros are
                                                     not prefix style and the arguments of them will not be
   #define pr_debug(format, ...) \
                                                     checked at the compilation on a selection of their defi-
     fprintf(stderr, format, ## __VA_ARGS__)
                                                     nitions.
   #else
   #define pr_debug(format, ...) \
                                                       The macros defined at the code part
     do {} while (0)
   #endif
                                                        #ifdef DEBUG
                                                        #define dprintf printf
in the file tools\virtio\virtio-trace\trace-agent.h,
                                                        #define dprintf(...) do { } while (0)
                                                        #endif
   #ifdef CONFIG MEMCG KMEM
                                                     in the file tools\power\cpupower\bench\config.h can be
   #define for_each_memcg_cache_index(_idx) \
                                                     used only for output.
     for ((_idx) = 0; \setminus
                                                       The macros definition at the code part
       (_idx) < memcg_nr_cache_ids; \</pre>
       (_idx)++)
                                                        #ifdef NDEBUG
                                                        #define BUG_ON(cond) \
   #else
                                                          do { if (cond) {} } while (0)
```

```
#else
#define BUG_ON(cond) assert(!(cond))
#endif
```

in the file tools\include\linux\kernel.h and

```
#ifdef VERBOSE_DEBUG
#define COH_DBG(x) ({ if (1) x; 0; })
#else
#define COH_DBG(x) ({ if (0) x; 0; })
#endif
```

in the file drivers\dma\coh901318.c are not prefix style. The macros definition at the code part

```
static inline void activate_mm(
   struct mm_struct *active_mm,
   struct mm_struct *mm)
{
   get_mmu_context(mm);
   set_context(mm->context, mm->pgd);
}
```

in the file $arch\mbox{\sc m}\mbox{\sc mnu_context.}\mbox{\sc h}$ and

```
#define deactivate_mm(tsk, mm) \
  do { } while (0)
#define activate_mm(prev, next) \
  switch_mm(prev, next, NULL)
```

in the file arch\unicore32\include\asm\mmu_context.h need keyboard operations at all place the macro used when switching because they have different names for execution and non-execution.

3.4 Points to be noted

When macros such as D, DD and DEBUG_xxxxx are used, they may change the scope of control of "if" syntax and "else" syntax. Even if the macro name does not include the string if, do not forget that "if" statement is used for realization.

And, if macros such as D, DD and DEBUG_xxxxx are under control of the preceding control syntax, for example "for", "while", "if" and "else" statements, you should not block their effects by inserting;

When macros such as D and DD for execution/nonexecution control remain in the code after trial and error or debugging, it should be noted that the code is not usually said to be a "beautiful code."

In scenes where you want to make executable programs smaller, such as in product versions, keep in mind whether the suppression of compiler's dead code generation for if(0) is default or explicit setting.

4 Conclusions

We proposed that (1): iteration instructions and (2): code part's execution/non-execution instructions can be described as prefix style operators using the macro of C programming language and C++ programming language.

(1) leads to describing concise and easy-tounderstand code by appropriately naming macros. (2) leads to reductions in keyboard operations related to trial and error. Furthermore, unlike commenting, since the compilation check is also done on non-executing parts on (2), there is a possibility to notice early that the non-executable part needs to be modified.

Although these are effective methods, applicable scenes do not always exist, and they are hard to be used when they do not match the choosy, the customs or the styles of individual program creators.

This paper is based on the conference presentation at the 81st National Convention of Information Processing Society of Japan⁹⁾.

References

- 1) Kernighan, B.W. and Ritchie, D.M., Translated by Ishida, H.: プログラミング言語 C (original title is "The C Programming Language"), Kyoritsu Shuppan(1989), (in Japanese).
- 2) Stroustrup, B., Translated by Nagao, T.: プログラミング言語 C++(original title is "The C++ Programming Language"), ASCII(1998), (in Japanese).
- 3) Tokawa, H.: ザ・C(meaning "the C") 2nd edition 9th impression, SAIENSU-SHA(2004), (in Japanese).
- 4) Mukuda, M.: はじめての C (meaning "C for the first time") 4th edition, 7th impression, Gijutsu-Hyohron(2005), (in Japanese).
- 5) Kernighan, B., Bentley, J. and Matsumoto, H., Translated by Kuno, Yo. and Kuno, Ya.: ビューティフルコード (original title is "Beautiful Code") 1st edition, 3rd impression, O'Reilly Japan(2008), (in Japanese).
- 6) Noro, H., Matsumoto, N.: Linear Algebra by C

Language(Japanese title is "C 言語による線形計算") (1), Implementation of MATRIX Data Type and Fundamental Matrix Manipulation Functions(Japanese subtitle is "行列のためのデータ型の実現と基本的な行列操作関数"), Geoinformatics, Vol.3, No.4, pp.211–217(1992), (in Japanese).

- 7) Hayashi, H.: C プリプロセッサ・パワー (meaning "C preprocessor power") 4th impression, Soft-Bank(1989), (in Japanese).
- 8) The Linux Kernel Organization: linux-5.2.11, The Linux Kernel Archives, https://www.kernel.org/(referenced at 2019-8-29).
- 9) 中村博文, 渕田孝康: C言語マクロを前置型の作用素のように使うことについて (meaning "Usage of the Programming Language C's Macro such as Prefix Operator"), 情報処理学会第81回全国大会 (The 81st National Convention of Information Processing Society of Japan), 2B-06, pp.1-161 1-162 (March 2019), (in Japanese).

興奮性および抑制性シナプスの STDP 学習に関する一考察

小森雅和1

A Consideration of STDP Learning of Excitatory and Inhibitory Synapse

Masakazu KOMORI¹

(Accepted September 11, 2019)

Abstract STDP learning is a learning method of spiking neuron model that is based on physiological experiment results. Because of STDP learning is unsupervised learning method, it is thought that control of STDP learning is difficult. In this pater, to research tendency of STDP learning, I considered about STDP learning of excitatory and inhibitory synapse using leaky integrated and fire neuron model. In the simulation, for the sake of simplicity, I used a neuron model that has 8 excitatory inputs and 8 inhibitory inputs. And simple input patterns were used. In the simulation of inhibitory synapse STDP learning, three type STDP time window function were used and considered. In the simulation of excitatory synapse STDP learning, I used inhibitory synapses that have distribution and high frequency inputs than excitatory inputs.

Keywords [STDP learning, Spiking neuron, Learning tendency]

1 はじめに

スパイキングニューロンモデルは、さまざまなモデルが提案されているが、基本は生体における神経細胞のように入力に従い膜電位が時間変化し神経パルスを出力するニューロンモデルである。実際の神経細胞に近い入出力を行うことから、スパイキングニューロンモデルによるネットワークモデルは、生体における情報処理により近い情報処理能力を持つモデルを構成できる可能性があることから、その工学的応用が期待される。

スパイキングニューロンモデルの学習則に Spike Timing Dependent Plasticity(STDP)がある。STDP は、生理学的実験結果による知見がもとになっており、入力と出力のスパイクタイミングによりシナプスの結合荷重の変化量が変わるタイムウィンドウ関

数に従い、結合荷重が変化する学習則である ^{1,2)}。し かしながら、入力と出力のスパイクタイミングによ る学習則であり、入力と教師信号の組が与えられ、 それに基づいて学習を行う教師あり学習と異なり、 教師無し学習となることから、スパイクニューロン モデルによるネットワークモデルを学習する際の 学習の傾向が予測しづらいという問題があると思 われる。また、STDP はもともと興奮性シナプスに おいて発見されており、ニューロンモデルでは興奮 性シナプスを対象に研究が行われてきたが、抑制性 シナプスにおいても同様なシナプス可塑性が起こっ ているとわかってきている^{3,4)}。T. P. Vogels らは、 Leaky Integrated and Fire ニューロンモデル(LIF モデル)を使い、1000のシナプス入力を興奮性シナ プス8割、抑制性シナプス2割とし、それぞれを8 つのグループに分け、興奮性シナプスを固定し、感

覚系の入力を模した入力を加え抑制性シナプスのみを STDP 学習させた時、膜電位が抑制性入力によるものと興奮性入力によるものとバランスを取るように学習が行われることを示した 5。このことから、生体における神経回路網は興奮性シナプスと抑制性シナプスが STDP 学習により互いに作用しながら学習を行うことにより様々な機能を実現していると考えられる。特に、抑制性シナプスは神経細胞が神経パルスを発生させようとするのを抑える働きを持っていることから、神経パルスによる情報伝達を調整する重要な働きを持っていると考えられる。

STDPは、入力と出力のスパイクタイミングによる学習則であるが、実際の生体におけるシナプス可塑性では、興奮性シナプスにおいては入力パルスによりカルシウムイオンがシナプス内に流れ込み、シナプス内の流れ込んだカルシウムイオン濃度によってシナプスの可塑性が起こるという生理学的知見がある^{6,7)}。抑制性シナプスにおいても似たような性質により可塑性が起こっていると考えられる。このようなことから、イオン濃度といったものは急激に変化するものとは考えづらく1つの入力パルスと1つの出力パルスの関係のみならず複数の入力パルス列と1つの出力パルスの関係のみならず複数の出力パルスによるシナプス可塑性についての関係性を考慮する必要があると思われる。

先に述べた T. P. Vogels らのシミュレーション 5) では、入力パルスと出力パルスの時間差であるAtが 正である時と負である時がほぼ対称となるようなタ イムウィンドウ関数を用いたが、学習の際には微分 方程式で表されるものを使い、入力もしくは出力の たびに関数値に値が加算されるかたちで時間変化す るものを使っており、複数の入出力による影響が考 慮されているものであった。しかしながら、興奮性 シナプスの STDP 学習におけるウィンドウ関数は 特定の形状を持つものがよく用いられるが、抑制性 シナプスに関する STDP 学習におけるでは、生理学 的実験等からさまざまな形状のウィンドウ関数が提 案されている 4。タイムウィンドウ関数の形状が異 なる場合においても、興奮性入力に対してバランス をとるように学習が行われるのかについてはよくわ かっていないと思われる。

Sen Song らは、LIF モデルにおいて 1000 のシナプス入力を興奮性シナプス 8 割、抑制性シナプス 2 割とし、抑制性シナプスを同一の値で固定した状態で、ランダム入力、遅れを持つ入力、入力に相関を持たせた場合の興奮性シナプスの STDP 学習について考察を行っている 10 。また、タイムウィンドウ関数は T. P. Vogels らのシミュレーションと同様に

複数の入出力による影響が考慮されているものであった。しかしながら、抑制性シナプスは同一の値で、分布を持つものについては触れられていなかった。 興奮性、抑制性シナプス双方を学習させた場合、抑制性シナプスもいろいろな分布を持つことから、同一の値ではなく分布を持った場合の興奮性シナプスの変化についても知る必要があると思われる。

T. P. Vogels らや Sen Song らのシミュレーション 1,5)では、入力数 1000 と入力数が多いものとなっていた。入力数が多い場合、神経細胞の自立発火を模したランダム入力により、平均の膜電位が静止膜電位より高くなる傾向にあり、パルスを出力しやすくなるということがある。このことから、入力数が少なくても T. P. Vogels らのシミュレーションのように抑制性入力が興奮性入力にバランスをとるように学習が行われるかについても確認する必要があると思われる。また、学習の傾向について調べるには対象をより単純化したほうがよいと思われる。

そこで、本論文では、学習の傾向を調べるために、入力数を減らした LIF モデルでの興奮性、抑制性シナプスの STDP 学習のシミュレーションを行い、考察を行った。具体的には、まず、入力数の違いによる膜電位変化の違いについてシミュレーションを行い、考察を行った。次に、興奮性シナプスの結合荷重を固定した状態で、T. P. Vogels らのシミュレーションのように抑制性入力が興奮性入力にバランスをとるように学習が行われるかについて確認をし、興奮性の STDP 学習に用いられるタイムウィンドウ関数とその左右を反転したものを用いた場合のシミュレーションを行い、考察を行った。興奮性の STDP 学習のシミュレーションについては、抑制性シナプスの結合荷重に分布を持たせた状態で固定し、シミュレーションを行い、考察を行った。

2 シミュレーションモデル

ここでは、本論文で用いた LIF モデルおよび STDP 学習について述べる。LIF モデルについては、 T. P. Vogels らのシミュレーション 5 と同様のものを 用いた。 興奮性シナプスの STDP 学習については、 Sen Song らのシミュレーション 1)を参考に、よく用いられるウィンドウ関数を微分系にしたものを用いることとした。 抑制性シナプスの STDP 学習については、 興奮性の STDP 学習に用いられるタイムウィンドウ関数とその左右を反転したものを用いた場合のシミュレーションでは、 興奮性シナプスの STDP 学習と同様の手法を用い、それ以外は T. P. Vogels らのシミュレーション 5 と同様のものを用いた。

ニューロンモデル

以下に LIF モデルの膜電位の式を示す。

$$\tau \frac{dv(t)}{dt} = \left(V^{rest} - v(t)\right) + \left(g^{E}(V^{E} - v(t))\right) + g^{I}\left(V^{I} - v(t)\right) + I_{b}\right) \times \frac{1}{g^{leak}} \tag{1}$$

ここで、τは膜電位の時定数、v(t)は膜電位、 V^{rest} は 静止膜電位、 g^E 、 V^E は興奮性入力によるコンダクタ ンスと反転電位、 g^I 、 V^I は抑制性入力によるコンダ クタンスと反転電位、 g^{leak} は漏れコンダクタンス、 Inはバイアス電流である。ニューロンの出力は以下 に示すように膜電位が閾値θを越えたときにパルス を出力し、膜電位が静止膜電位に戻るものとなって いる。

$$o(t) = \begin{cases} 1 & v(t) \ge \theta & \to v(t) = V^{rest} \\ 0 & v(t) < \theta \end{cases}$$
 (2)

興奮性、抑制性コンダクタンスは入力により変化し、 以下の式によって決定される。

$$g^E \to g^E + \Delta g^E \tag{3}$$

$$g^I \to g^I + \Delta g^I \tag{4}$$

$$\Delta g^E = \overline{g^E} \sum_i W_i^E x_i \tag{5}$$

$$\Delta g^I = \overline{g^I} \sum_i W_i^I x_i \tag{6}$$

ここで、 $\overline{g^E}$ 、 $\overline{g^I}$ は興奮性、抑制性のコンダクタンス 係数、 W_i^E 、 W_i^I は興奮性、抑制性の結合荷重、 x_i は入 力である。学習の際には、結合荷重 W_i^E 、 W_i^I に対し て行われることになる。また、興奮性、抑制性コン ダクタンスは以下に示すように時間変化し、入力が ない状態が続くと 0 に収束するようになっている。

$$\tau_E \frac{dg^E}{dt} = -g^E \tag{7}$$

$$\tau_I \frac{dg^I}{dt} = -g^I \tag{8}$$

 $\tau_I \frac{dg^I}{dt} = -g^I \tag{8}$ ここで、 τ_E 、 τ_I は興奮性、抑制性コンダクタンスの 時定数である。

2.2 学習則

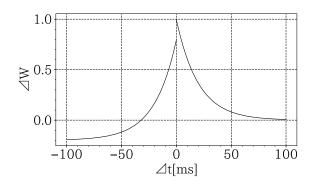
2.2.1 抑制性シナプス

抑制性の結合荷重の STDP 学習は以下の式によ って行われる。

$$W_j^I \to W_j^I + \eta \Delta W_j^I \qquad \Delta t_j \ge 0 \tag{9}$$

$$W_j^I \to W_j^I + \eta \left(\varDelta W_j^I - \alpha \right) \quad \varDelta t_j < 0 \quad \ (10)$$

ここで、 $\Delta t_j = t_{post} - t_{prej}$ であり、 t_{post} はニューロ ンがパルスを出力した時刻、 t_{prej} はj番目の入力にパ ルスがきた時刻を表す。 ΔW_i^I は、入力および出力の たびに $\Delta W_i^I \rightarrow \Delta W_i^I + 1$ されるものとなっており、次 の式で示されるタイムウィンドウ関数をあらわす微



(a) Inhibitory

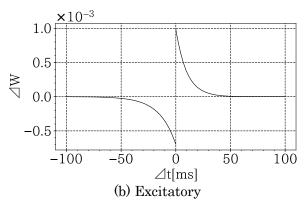


Fig.1 STDP time window function

分方程式によって変化する。

$$\tau_{I1} \frac{d \Delta W_I^I}{dt} = -\Delta W_I^I \tag{11}$$

ただし、 ΔW_i^I は、 $\Delta t_i > 0$ についてはそれぞれの入力 で計算され、 $\Delta t_i < 0$ については入力に関係なく1つ の変数によって計算される。Fig.1(a)にその形状を 示す。抑制性の結合加重は学習により減少しても $W_i^l \ge 0$ とし、負にならないようにした。また、本論 文では、タイムウィンドウ関数による学習の違いを 見るために、次に述べる興奮性シナプスの学習にお けるタイムウィンドウ関数(Fig.1(b))とその左右を 入れ替えたものも抑制性シナプスの学習に用いた。

2.2.2 興奮性シナプス

興奮性結合荷重の学習において、STDP学習とタ イムウィンドウ関数は、以下の式がよく使われる。

$$W_i^E \to W_i^E + \eta \Delta W_i^E \tag{12}$$

$$\Delta W_j^E = \begin{cases} A_{E1} \exp\left(-\frac{\Delta t_j}{\tau_{E1}}\right) & \Delta t_j \ge 0\\ A_{E2} \exp\left(\frac{\Delta t_j}{\tau_{E2}}\right) & \Delta t_j < 0 \end{cases}$$
(13)

ここで、 A_{E1} 、 A_{E2} はタイムウィンドウ関数の係数で あり、本論文では学習率に相当すると考える。 τ_{E1} 、 τ_{E2} は時定数である。Fig.1(b)にその形状を示す。式 (13)は Δt_i の関数になっており、入力パルス列と出力 パルスの関係性を考えて、本論分では抑制性の結合 荷重の STDP 学習と同様な次のような微分方程式 に従うように学習を行った。

$$W_i^E \to W_i^E + A_{E1} \triangle W_{1i}^E \qquad \triangle t_i \ge 0 \tag{14}$$

$$W_i^E \to W_i^E - A_{E2} \triangle W_{2j}^E \quad \triangle t_j < 0$$
 (15)

$$\tau_{E1} \frac{d \triangle W_{1j}^E}{dt} = -\triangle W_{1j} \quad \triangle t_j \ge 0 \tag{16}$$

$$\tau_{E2} \frac{d \Delta W_{2j}^E}{dt} = -\Delta W_{2j}^E \quad \Delta t_j < 0 \tag{17}$$

ただし、興奮性の結合荷重は学習により減少しても $W_{ij}^{E} \geq 0$ とし、負にならないようにした。また、抑制性結合と同様に、入力および出力のたびに $\Delta W_{j}^{E} \rightarrow \Delta W_{i}^{E} + 1$ されるものとなっている。

3 シミュレーション

ここでは、本論文で行ったシミュレーション及び、 その結果について述べる。T. P. Vogels らのシミュレ ーション 5では、興奮性、抑制性入力をそれぞれ 8 つのグループに分け、興奮性は1グループ100入力、 抑制性は 1 グループ 25 入力の合計 1000 入力とし ていたが、本論文では興奮性8入力、抑制性8入力 の合計 16 入力とした。シミュレーションに用いた 各パラメータを Table1 に示す。LIF モデルおよび 抑制性の STDP 学習のパラメータは、T. P. Vogels らのシミュレーションを参考にしたが、本論文では 入力数が少ないことから、 $\overline{g^E}$ 、 $\overline{g^I}$ は T. P. Vogels ら のシミュレーションより大きな値に設定した。また、 神経細胞は一度パルスを出せば、一定の期間はどの ような入力がきても出力しないという絶対不応期を 持っており、本論文では 5[ms]とした。興奮性の STDP 学習のパラメータに関しては、時定数 τ_{E1} 、 τ_{E2} については、Li I. Zhang らの生理学的実験結果によ るグラフを参考に決定した 8 。 A_{E1} 、 A_{E2} に関しては Sen Song らの論文 1)において $A_{E2}\tau_{E2} > A_{E1}\tau_{E1}$ と設 定することによって学習が安定しやすいと記述があ ることからそれを参考に決定した。

次に、入力について述べる。T. P. Vogels らのシミュレーションでは、グループ単位で興奮性と抑制性でペアを作り、ポアソン過程に従う1秒間に5回のランダムな背景入力と感覚系の入力を模倣するような入力の組み合わせを加えていたが、本論文では学習の傾向を探るためにより簡単な入力とした。具体的には、シミュレーション時間は3600[s]とし、興奮性と抑制性の入力でペアを作り、ポアソン過程に従う1秒間に5回のランダムな背景入力とランダムに選んだペアに対して、100[ms]の間、25[Hz]の入力を順に加えるようにした。T. P. Vogels らりも述べてい

Table 1 Parameter setting of simulation

LIF neuron model	
Resting potential V ^{rest}	-60[mV]
Time constant τ	20[ms]
Reversal Potential V^E	0 [V]
Reversal Potential V^I	-80[mV]
Leak conductance g^{leak}	10[nS]
Threshold θ	-50[mV]
Bias current I_b	0 [A]
Excitatory conductance $\overline{g^E}$	14[nS]
Inhibitory conductance $\overline{g^I}$	8.75[nS]
Time constant τ_E	5[ms]
Time constant τ_I	10[ms]
STDP learning of inhibitory syn	napse
Time constant τ_{I1}	20[ms]
Learning parameter α	0.2
Learning ratio η	0.0001
STDP learning of excitatory syn	napse
Time constant τ_{E1}	10[ms]
Time constant τ_{E2}	15[ms]
Parameter A_{E1}	0.001
Parameter A_{E2}	0.0007

るように、一般的に興奮性結合を作る神経細胞と抑制性結合を作る神経細胞は別であり、同じ系統の入力でも抑制性結合は、抑制性神経細胞を介しての入力となることから、抑制性入力は興奮性入力に対して遅延が起こることになる。そこで、本論文では、抑制性入力を興奮性入力に対して 5[ms]の遅延をもって入力した。また、シミュレーションの際には、データを取るために、初期の $0\sim4.8[s]$ 、中盤の $900\sim904.8[s]$ 、最後の $3595.2\sim3600[s]$ の間は学習を止め、1 番目のペアから順番に 100[ms]の間、25[Hz]の入力を繰り返し加えた。

興奮性と抑制性の学習を行わないほうの結合荷重は、結合荷重に分布を持たせるために特に断らない限り、T. P. Vogels らのシミュレーションを元に以下の式に従って決定した。

$$W_i = 0.3 + \frac{1.1}{(1 + |K - P|)^4} + \xi \tag{18}$$

ここで、 $K \in [1,8]$ は入力ペアを表し、Pは結合荷重の分布のピークを表す。 ξ は[0,0.1]の乱数である。本論文では、P=3とした。Fig.2 に結合荷重の例として10回生成した際の箱ひげ図を示す。シミュレーションは、入力数の違いを見るための膜電位の変化のシミュレーション以外は、試行を10回行い、その試行平均について考察を行った。また、T.P.Vogels ら

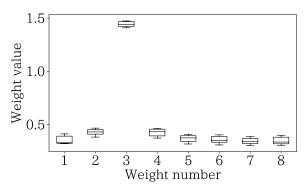
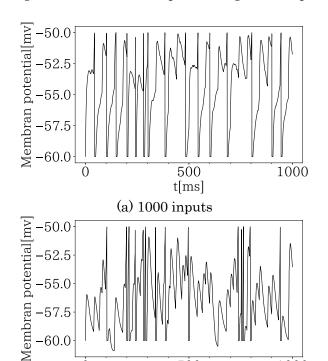


Fig.2 Box-and-whisker plot of weights example



(b) 16 inputs Fig.3 Difference of inputs

500

t[ms]

1000

は興奮性と抑制性がバランスをとる様子を興奮性と 抑制性の入力によるシナプス電流を用いて示してい るが、本論文では学習の傾向を知るために結合荷重 に注目するようにした。

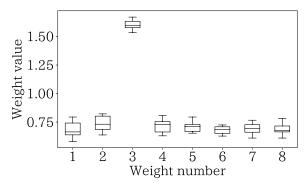
3.1 入力数の違いによる膜電位変化

入力数の違いによる LIF モデルの動作の違いを見るために、入力数が 1000 の場合と 16 の場合の比較を行った。 興奮性の結合荷重は式(18)に従い生成し、抑制性の結合荷重は[0,0.2]のランダムな値とした。 入力数が 1000 の場合については、 $\overline{g^E}$ 、 $\overline{g^I}$ はそれぞれ T. P. Vogels らのシミュレーションと同じ、140[pS]、350[pS]とした 5 。 Fig.3 にそのシミュレーション結果を示す。 Fig.3 で、膜電位が-50[mV]に達しているところは、LIF モデルが出力パルスを出し

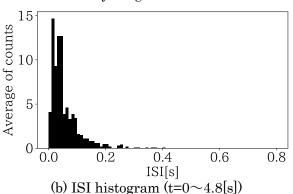
たことを示す。結果を見てわかるように入力数によ り膜電位変化に異なる傾向があることがわかった。 入力数が 1000 の場合は、出力パルスを出していな いところでも平均的に高い値を維持しているのに比 べ、入力数が 16 の場合は平均的に膜電位が低い値 となっている。膜電位が静止膜電位より高い値をと るのは、背景入力による影響であり、1000入力につ いてはコンダクタンスが低いとはいえ、ランダムに 多数の入力があることにより高い状態を維持してい ると考えられる。このことにより、ちょっとした入 力に対してもニューロンが反応しやすくなっている と考えられる。一方、入力数が 16 の場合はコンダ クタンスが 1000 入力の場合より高いことにより、 平均的な膜電位が低くなっており、出力パルスの数 が少なくなっているが、入力に対して反応しやすく なっていると考えられる。この結果から、STDP学 習は入力と出力のパルスの時間差によって学習が行 われることから、入力数が少なくても問題ないと考 えられる。

3.2 抑制性シナプスの STPD 学習

まず、興奮性結合荷重を固定して、入力数が少な い場合でも抑制性結合荷重が興奮性とバランスをと るように学習が行われるかどうかのシミュレーショ ンを行った。抑制性結合荷重の初期値は[0,0.2]のラ ンダムな値とし、タイムウィンドウ関数は Fig.1(a) のものを用いた。そのシミュレーション結果をFig.4 に示す。Fig.4(a)はシミュレーションの終了時の抑 制性結合荷重の箱ひげ図であり、Fig.2 と比較して わかるように、学習によって興奮性結合荷重と同様 な形状になっており、興奮性入力とバランスをとる ように学習が進んでいることがわかる。先に述べた ように、T.P. Vogels ら がは興奮性と抑制性がバラン スをとる様子を興奮性と抑制性の入力によるシナプ ス電流を用いて示しているが、シナプス電流は入力 におけるコンダクタンスと結合荷重によって決まる ことから、結合荷重でもバランスをとるように学習 が行われることの確認が取れると考えられる。また、 Fig.4(a)は 10 回の試行回数による箱ひげ図であり、 結果のばらつきも少なくなっていることが見てとれ る。Fig.4(b)、(c)は、ビン幅 10[ms]としたときの平 均 Inter-Spike-Interval(ISI)ヒストグラムである。 Fig.4(b)はシミュレーションの初期で、Fig.4(c)は最 後のものである。シミュレーションの初期では、興 奮性結合荷重の値が高い 3 番目の入力に 25[Hz]の 一定間隔の入力が来た際によく反応するため、 25[Hz]の周期 40[ms]のあたりの値が高くなってい るが、最後には抑制性結合荷重が興奮性結合荷重に



(a) Inhibitory weights after simulation



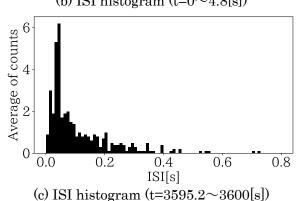


Fig.4 Simulation result of inhibitory learning

対してバランスをとるように学習が行われていることから値が小さくなっていることがわかる。また、3番目の結合荷重以外も初期値より、高くなっていることもあり、40[ms]以外のところも値が低くなっており、学習により興奮性結合荷重の分布に従った入力によく反応するようになるということが見てとれると思われる。

次に、タイムウィンドウ関数を Fig.1(b)の興奮性のものに変更してシミュレーションを行った。結果としては、抑制性入力が遅延をもって入力していることと、タイムウィンドウ関数の形状からもわかるように、結合荷重はシミュレーションの初期から減少する方向に学習が進み、最終的には平均して、0.005より小さな値となった。特に、3番目の結合荷重は、興奮性結合荷重が高いことからほぼ0となった。STDP学習は、入力と出力のパルスタイミング

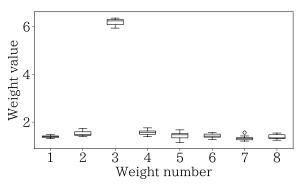


Fig.5 Inhibitory weights after simulation using Flip horizontal of excitatory time window function

に依存して学習が行われることから、抑制性入力の み入力頻度を高くすれば1つ目の出力パルスの次の 出力パルスに対してはタイミング差が正となるので はないかと思い、シミュレーションを行ったが、傾 向は変わらなかった。これは、抑制性入力頻度が高 いことにより出力が出にくくなったのと、出力パル スに近い入力の影響が強かったためかと思われる。 そこで、出力パルスは膜電位変化の結果であり、入 力と同時に出力されるものではないことから、入力 頻度を元の値に設定して、抑制性入力の遅延を 0[ms]にしてシミュレーションを行ったところ、 Fig.4(a)のような形状の結果が得られた。しかしな がら、3番目の結合荷重の平均値が2.0付近となり、 その他の結合荷重の平均値は 0.5 以下と 3 番目の結 合荷重の値との差が大きくなった。これは、Fig.1(a) と(b)を比較した際、(a)の 0 付近の負側の値が、(b) の 0 付近の正側の値より若干小さいためだと思われ る。

次に、Fig.1(b)の興奮性のタイムウィンドウ関数の左右を入れ替えたものを使ってシミュレーションを行った。その結果を Fig.5 に示す。結果としては、Fig.4(a)と同様な傾向が得られたが、全体的に結合荷重の値が大きなものとなってしまった。これは、Fig.4(a)のシミュレーションに比べて学習による結合荷重の修正量が大きいことによるものと思われる。抑制性入力が遅延を持たしたかたちで入力を加えていることから、入力と出力時間差が負となり学習の進行の傾向としては、Fig.4(a)と同様の傾向がみられた。しかしながら、1 回の結合荷重の修正における修正量によって結合荷重の値に差が出ることから、パラメータの調整が重要であるということがわかった。

これまでの結果と STDP 学習の式よりわかるように、STDP 学習は入力と出力のパルスタイミングの差によってのみ結合荷重を修正することから、結

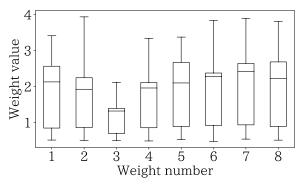
合荷重の修正が増加もしくは減少の一方に傾くと際 限なく修正されてしまう。ある一定のところで、増 加と減少のバランスがとれるようになれば良いが、 様々な入力と出力となる状況で STDP による学習 が行われることを考えるとそれはあまり期待できな いかと思われる。抑制性に関しては結合荷重が増加 すると出力パルスが出づらい状況になるので、ある 程度は増加が抑制されるとは思われるが、完全に増 加が止まる状況にはならないと思われる。このこと から何らかの制約が必要かと思われる。

また、興奮性のタイムウィンドウ関数で遅延を 0[ms]としたシミュレーションでは、抑制性の遅延 の影響が大きいということがわかった。本論文のシ ミュレーションでは、入力は一定周期の決まった間 隔の入力であった。実際の生体における神経細胞は 1つ1つ個体差があると考えられ、その神経細胞の 周りの神経細胞の様々な影響も受けると考えられ、 入力側の神経細胞のパルスにばらつきがあると考え られる。T. P. Vogels らのシミュレーション 5でも、 背景入力以外の入力もポアソン過程に従った入力と していたことから、興奮性のタイムウィンドウ関数 を使った場合についても一定周期の入力ではなく、 周期にばらつきがある入力を加えた場合についても 考察する必要があると思われる。

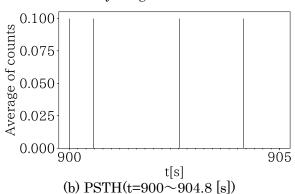
3.3 興奮性シナプスの STPD 学習

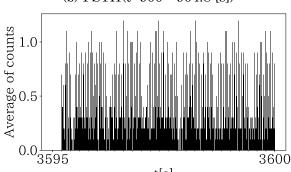
ここでは、抑制性の結合荷重を固定した状態で、 興奮性シナプスの STDP 学習を行った結果につい て述べる。先にも述べたように、Sen Song ら 1)は抑 制性結合を、分布を持たないかたちの一定の値でシ ミュレーションを行ったが、本論文では抑制性シナ プスのシミュレーションの時と同様に、抑制性シナ プスの結合荷重は式(18)に従った分布を持たせた値 を用いた。

STDP 学習は出力が出ないと学習が起こらないこ とから、興奮性の初期の結合荷重は、抑制性より高 い値である0.3 + [0,0.2]のランダムなどの様々な初 期値でシミュレーションを行った。興奮性の STDP 学習においては、結合荷重の初期値に対してかなり 敏感な結果となってしまった。同じ設定条件でも、 結合荷重が極端に大きくなる場合やまったく学習が 起こらない時があった。これは、ランダムに設定さ れる結合荷重の初期値と入力もランダムに決定され ることによる影響かと考えられる。また、一度出力 パルスが出始めると一気に学習が進むと考えられ、 かなり入力状況に対しても敏感であると思われる。 Sen Song らのシミュレーション 1)では、興奮性結合 荷重は上限値を決めてシミュレーションを行ってお



(a) Excitatory weights after simulation





t[s] (c) PSTH($t=3595.2\sim3600[s]$) 3600

Fig.6 Simulation result of excitatory learning

り、Sen Song らのシミュレーションにおいても、学 習後の値は上限値付近もしくは0付近になるという 結果がほとんどであった。しかしながら、生体にお いては、特定の入力パターンに対して選択性を持つ 神経細胞が形成されることから、このような結果は 好ましくないと思われる。

Eugene M. Izhikevich は、複数の皮質神経細胞の 出力パルス列を再現できるモデルを提案したが、抑 制性神経細胞の出力パルス列は興奮性神経細胞より も高いパルス頻度であった 9。そこで、抑制性入力 のみ入力頻度を高く設定して出力パルスを抑えるこ とができないかと考え、抑制性入力の入力頻度を 150[Hz]として、結合荷重の初期値を 0.32 の一定値 に設定してシミュレーションを行った。そのシミュ レーション結果を Fig.6(a)に示す。シミュレーショ ン結果を見てわかるように、抑制性の入力頻度を高

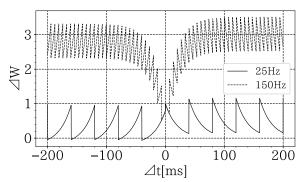


Fig.7 Difference of ∠W between 25[Hz] and 150[Hz] input

く設定しても、結合荷重のばらつきが大きく、高い 値も出ている結果となってしまった。ばらつきが大 きくなっているが、3番目の結合荷重についてはそ の他のものに比べて小さくなる傾向がみられた。こ のことから、抑制性結合荷重のピークを避けるよう に学習が進むように見られる。抑制性結合荷重が高 い場合、そこだけ他に比べて、出力パルスが出にく くなり、結合荷重の増加が抑えられるためと思われ る。Fig.6(b)(c)は、t=900~904.8 [s]の時と t=3595.2 ~3600[s]の時のビン幅 10[ms]の Peri-Stimulus Time Histogram (PSTH)である。ヒストグラムを見 てわかるように、シミュレーションの中盤ではほと んど出力パルスが出ていないが、最後にはかなりの 出力パルスが頻繁に出ていることがわかる。このこ とからも興奮性の STDP 学習はかなり制御するの が難しいことがわかる。

抑制性入力の入力頻度を高くすることにより、あ る程度制御できるように思われるが、興奮性と抑制 性の学習を同時に行った場合、入力頻度が高くなる ことから、抑制性の結合荷重の修正量がかなり大き くなってしまう。入力頻度が 25[Hz]と 150[Hz]の連 続パルスが入力された場合の例を Fig.7 に示す。 Fig.7 を見てわかるように、約3倍ほどの開きがあ ることがわかる。これは興奮性の場合も同様である。 はじめにでも述べたように、生体におけるシナプス 可塑性はイオン濃度が関係していると考えられるこ とから、入力頻度により修正量が変わることはこの ことを表していると考えられるが、実際の生体内で は、イオン濃度については限界値があると考えられ、 興奮性、抑制性の STDP 学習ともに、修正量の上限 値などを設定する必要があるのではないかと考えら れる。

4 おわりに

本論文では、入力数が少ないLIFモデルに対して、

単純な入力パターンに対する抑制性および興奮性結 合荷重の STDP 学習を行った際の学習の傾向につ いての考察を行った。抑制性の STDP 学習では、3 つのタイムウィンドウ関数についてシミュレーショ ンを行った。T.P. Vogels らのシミュレーション 5)で 用いたタイムウィンドウ関数のシミュレーションで は、入力数が少ない場合は 1000 入力の場合に比べ て出力パルスがない時の平均膜電位が低くなったが、 入力数が少ない場合も T. P. Vogels らのシミュレー ションと同様な傾向がみられた。 興奮性の STDP 学 習と同様のタイムウィンドウ関数を用いた場合は、 抑制性入力遅延の関係から学習が進まないという傾 向がみられた。興奮性の STDP 学習と同様のタイム ウィンドウ関数の左右を入れ替えた場合のシミュレ ーションでは、興奮性結合荷重とバランスをとるよ うに学習が進む傾向がみられたが、全体的に結合荷 重が大きくなる傾向がみられた。これらの結果から、 同条件でシミュレーションを行った場合、タイムウ ィンドウ関数の違いにより学習の傾向がかなり異な ることがわかった。また、本論文では、背景入力以 外は一定周期の入力を加えているが、実際の神経細 胞の個体差を考慮したかたちで入力の周期にばらつ きを持たした場合のシミュレーションについても調 べる必要があると考えられる。加えて、パラメータ の違いによってもかなりの差が出ることが考えられ ることから、これらについても調べる必要があると 思われる。

興奮性のSTDP学習については、抑制性結合荷重に分布を持たせたかたちでの学習についてのシミュレーションを行った。結果としては、結合荷重の初期値や入力に対して学習の傾向がかなり変わる結果となってしまった。STDP学習は入力パルスと出力パルスのタイミング差によって行われるが、興奮性の場合は一度出力パルスが出始めると急激に結合荷重の増加が起こるという結果となった。抑制性入力の入力頻度を高く設定して、出力パルスの頻度を抑えるかたちでシミュレーションを行ったが、それでもシミュレーションの終了後には、ばらつきが大きく、値も大きなものとなってしまった。抑制性結合荷重の値が高いところは、興奮性の結合荷重の値が他に比べて抑えられる傾向があった。

これらの結果から、抑制性の STDP 学習は興奮性 結合荷重とバランスをとるように学習が進み、出力 を抑える効果があると考えられ、興奮性の STDP 学 習は抑制性の結合荷重が強いところを多少ではある が避けるようして、入力によく反応するように学習 すると思われる。興奮性と抑制性を同時に STDP 学 習した場合は、これらの学習傾向を合わせたかたち で学習が進むと考えられるが、STDP 学習の特性上、 学習を続けることで結合荷重が増加し続ける可能性 があることから、何らかの制約条件が必要ではない かと思われる。また、入力頻度の違いによっても結 合荷重の修正量が大きく変わることから、これらに ついても何らかの制約条件が必要ではないかと思わ れる。

参考文献

- 1)Sen Song, Kenneth D. Miller and L. F. Abbot: Competitive Hebbian learning through spiketiming-dependent synaptic plasticity, Nature neuroscience, Vol. 3, No. 9, pp. 919-926, 2000.
- 2)R. R. Borges, F. S. Borges, E. L. Lameu, A. M. Batista, K. C. Iarosz, I. L. Caldas, C. G. Antonopoulos, M. S. Baptista: Spike timing-dependent plasticity induces non-trivial topology in the brain, Neural Networks, Vol. 88, pp. 58-64, 2017.
- 3) Julie S. Haas, Thomas Nowotny, and H. D. I. Abarbanel: Spike-Timing-Dependent Plasticity of Inhibitory Synapses in the Entorhinal Cortex, J. Neurophysiol, Vol. 96, pp. 3305-3313, 2006.
- 4)T. P. Vogels, R. C. Froemke, N. Doyon, M. Gilson, J. S. Haas, R. Liu, A. Maffei, P. Miller, C. J. Wierenga, M. A. Woodin, F. Zenke and H. Sprekeler: Inhibitory synaptic plasticity: spike timing-dependence and putative network function, Frontiers in Neural Circuits, Vol. 7, Article 119, July, 2013.
- 5)T. P. Vogels, H. Sprekeler, F. Zenke, C. Clopath, W. Gerstner: Inhibitory Plasticity Balances Excitation and Inhibition in Sensory Pathways and Memory Networks, Science, Vol. 334, No. 16, pp. 1569-1573, December, 2011.
- 6)M. F. ベアー, B. W. コノーズ, M. A. パラディーソ: 神経科学 脳の探求, 西村書店, 2007.
- 7)甘利俊一, 酒井英雄 編: 脳とニューラルネット, 朝倉書店, 1994.
- 8)Li I. Zhang, Huizhong W. Tao, Christine E. Holt, William A. Harris & Mu-ming Poo: A critical window for cooperation and competition among developing retinotectal synapse, Nature, Vol. 395, pp. 37-44, 1998.
- 9) Eugene M. Izhikevich: Simple Model of Spiking Neurons, IEEE Trans. Neural Networks, Vol.14, No. 6, pp. 1569-1572, November, 2003.

LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子による Cu(II)抽出特性

清山 史朗 1· 塩盛 弘一郎 2· 武井 孝行 3· 吉田 昌弘 3

Extraction of Cu(II) into the Ion Gel Particles Containing LIX84-I

Shiro KIYOYAMA¹, Koichiro SHIOMORI², Takayuki TAKEI³ and Masahiro YOSHIDA³

(Accepted September 5, 2019)

Abstract The immobilization of LIX84-I and gelling of ionic liquids into the polymeric particle were successfully prepared. The extraction of Cu (II) into the ion gel particle impregnated with LIX84-I was investigated. The extraction of Cu(II) by LIX84-I immobilized ion gel particle occurred on the high pH side, showing the pH dependence similar to microcapsulated LIX84-I. The amount of extracted Cu(II) increased with the concentration of extractant and the initial Cu(II) concentration, and showed the Langmuir type extraction. From the analysis of the maximum adsorption amount of Cu(II) obtained from Langmuir adsorption isotherm equation and the equilibrium constant and distribution coefficient of Cu(II) extraction, LIX84-I reacts with Cu(II) at 2:1. Furthermore, ion gel particle prepared in this study could be used repeatedly

Keywords [Ion gel particle, Cu(II), Extraction, LIX84-I]

1 緒言

銅、ニッケルなどの非鉄金属やプラチナやインジウムといった希少金属は海外の輸入に依存している. 非鉄金属は家電、自動車、情報関連機器など基礎素材として生活や産業活動に必須であり、代替困難なものが多い。また、希少金属はデジタル家電などの先端技術に不可欠であり、中国などの経済成長による需要の増加で世界的に需要が逼迫する懸念が急速に強まっている。そのため、今後のハイテク産業の更なる飛躍に伴うコスト削減や環境問題に対する意識が高まり、非鉄金属や希少金属の安定確保や採算の取れる回収技術の確立が必要不可欠になっている現在利用されている金属の分離・回収技術として液体抽出剤による溶媒抽出法が挙げられる「ハ,2)、溶媒抽出法とは、抽出剤を溶解させた有機溶媒と、金属イオンを含む水相を接触させ、有機溶媒中に金属と

抽出剤の錯体として回収する技術である. この技術 は連続抽出が可能, スケールアップが容易, 金属イ オンの選択性が高いことが利点として挙げられ、金 属イオンのみならず鉱酸類、有機酸類さらにはバイ オ生産物の分離に広く利用されている. 一方で作業 時に大量の有機溶媒と使用することから環境に対す る影響が懸念されている. また, 低い抽出率や, 抽 出平衡に時間を要するなどの問題も抱えている. さ らに、抽出剤を含む有機相と目的物質を含む水相を 混合・撹拌すると安定なエマルションや第3相を形 成し,有機相と水相の分離が困難になる場合があり, 溶媒抽出法に替わる新たな抽出技術に関する研究が 盛んに行われている 3)~8). 著者らは, 新たな金属回収 技術として抽出剤固定化マイクロカプセルを利用し た研究を行ってきた 9¹~12)が、マイクロカプセルは調 製時に連続相(外水相)を用いるため、外水相に抽

¹ 都城工業高等専門学校物質工学科 Department of Chemical Science and Engineering, National Institute of Technology (KOSEN), Miyakonojo College

² 宮崎大学工学部環境応用化学科 Department of Applied Chemistry, University of Miyazaki

³ 鹿児島大学工学部 環境化学プロセス工学科 Department of Chemical Engineering, Kagoshima University

出剤が漏出してしまうという問題が存在するとともに、大量の外水相が廃棄物として生じてしまう問題も存在する. そこで、本研究では調製時に外水相を用いないゲル固定化法によって抽出剤の固定化を試みた. イオン液体と骨格物質を適度な割合で混合して重合すると、ある程度の強度と柔軟性を持ったゲルが調製できる. 本研究ではこのゲルに Cu(II)の抽出剤である 1-(ヒドロキシ-5-ノニルフェニル)-エタノンオキシム(以下 LIX84-I と略記)を固定化し、粉砕することでイオン液体ゲル微粒子を調製した. Cu(II)の抽出を種々の条件で行い、抽出特性を明らかにした.

2 実験

2.1 試薬

Cu(II)の抽出剤として LIX84-I を用いた. イオン液体には合成した 1-メチル-3-メチルイミダブリウムビス(トリフルオロメタン)イミド([C₈mim][Tf₂N])を用いた. また、骨格物質にはトリメタクリル酸トリメチロールプロパン(Trim)を,重合開始剤には 2,2 -アゾビス(4-メトキシ-2,4-ジメチルバレロニトリル)を用いた.

2.2 イオン液体の合成 13), 14)

2.2.1 [C₈mim][CI]の合成

lmol の 1-メチルイミダゾリウムをナスフラスコに入れ、氷上で撹拌しながら 1-クロロオクタン ($C_8H_{17}Cl$)を 1mol 滴下した.滴下終了後,還流冷却器をつけたオイルバ スの中で 333K, 48h加熱撹拌した.反応後,室温になるまで静置し,酢酸 エチルで数回洗浄した.その後,下相のイオン液体を分取し,エバポレーターで残存酢酸エチルを除去した後,24h 真空乾燥させ,黄色透明の粘性液体 ($[C_8mim][Cl]$) を得た.

2.2.2 [C₈mim][Tf₂N]の合成

0.5molの[C₈mim][Cl] をビーカーに量りとり,蒸留水を 100ml 入れ,完全に溶解させた.その後,LiTf₂N 0.55mol を加え,室温で 15min 撹拌した.生成した [C₈mim][Tf₂N] を分取し,蒸留水で洗浄した.イオン液体相を真空乾燥して,[C₈mim][Tf₂N]を得た.

2.3 LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子の調 製

LIX84-I を所定量サンプル瓶に量り取り、全量が 10g となるように $[C_8mim][Tf_2N]$ と Trim を 5:1.5 の 割合で添加した. 重合開始剤 0.1g を加え、333K に設定した恒温槽中で 30min 撹拌しながらイオン液体 ゲルを合成した. 合成したイオン液体ゲルを乾燥し、5キサーで粉砕してイオン液体ゲル微粒子を得た.

イオン液体ゲル微粒子への LIX84-I の内包量, E'_{max} は, 外部へ抽出剤が溶出しないため, 以下のように定義した.

$$E'_{max} = \frac{W_{LIX84-I} \times 1000 \div Mw_{LIX84-I}}{W_{LIX-84I} + W_{Trim} + W_{ion}} \ [mmol/g] \eqno(1)$$

2.4 LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子による Cu(II) 抽出

硫酸銅 (無水) を 0.5M-硫酸ナトリウム水溶液で溶解し,所定濃度の Cu(II)溶液を調製した.調製した Cu(II)溶液を,0.5M-HCl 水溶液と 0.5M-NaOH 水溶液を用いて所定 pH に調整した.LIX84-I 固定化イオンゲル微粒子 0.5g を Cu(II)溶液 20ml に添加して 303Kで 24h 振盪後,濾過し,原子吸光光度計 (Thermo Fisher SCIENTIFIC,iCE3000 series)を用いて溶液中の残存 Cu(II)濃度を測定した.Cu(II)の抽出量 q_f と抽出率 E_f は Eq. (2) および Eq. (3) を用いて算出した.

$$q_{\rm f} = \frac{(C_0 - C_{\rm eq})}{W_{\rm gel} \times Mw_{\rm Cu}} \times \frac{20}{1000} \text{ [mmol/g]}$$
 (2)

$$E_{\rm f} = \frac{(C_0 - C_{\rm eq})}{C_0} \times 100 \, [\%]$$
 (3)

2.5 LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子からの Cu(Ⅱ)逆抽出

2.4 節と同様の操作で Cu(II)を抽出後,イオン液体 ゲル微粒子を 343K で 24h 乾燥させた. $pH=1\sim4$ の硫酸水溶液を調整し,乾燥させたゲルを各硫酸水溶 20 ml に添加して 303K で 24h,逆抽出を行った.原子吸光光度計を用いて硫酸水溶液中の Cu(II)濃度を測定した.Cu(II)の逆抽出量 q_b と逆抽出率 E_b を Eq.(4) と Eq.(5) を用いて算出した.

$$q_{\rm b} = \frac{C_{\rm eq}}{W_{\rm gel} \times Mw_{\rm Cu}} \times \frac{20}{1000} \ [mmol/g] \eqno(4)$$

$$E_{\rm b} = \frac{q_{\rm b}}{q_{\rm f}} \times 100 \, [\%] \tag{5}$$

3 結果および考察

3.1 LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子の調 製

イオン液体と Trim の割合および添加した LIX84-I の濃度を変化させてイオン液体ゲル微粒子の調製を行った. その際, 微粒子化可能な組成と不可能な組成が確認された. 調製したイオン液体ゲル微粒子について, LIX84-I が完全に固定化できた組成を〇, LIX84-I の漏れが確認できた組成および重合物が固すぎて微粒子化が困難な組成を×として Fig.1 に示す.

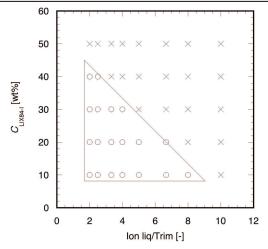


Fig.1 Immobilization characteristics of LIX84-I.

Ion lig/Trim の値が低いものほど, LIX84-I を固定 化しやすいことがわかる.すなわち,全量に対する Trim の増加に伴い固定化可能な LIX84-I 量も増加す る. これは、LIX84-I 及びイオン液体が Trim の重合 により形成されたネットワーク内に固定化されてい るためだと考えられる. イオン液体ゲル微粒子にお いてイオン液体は、骨格となる高分子が形成するネ ットワークの中に取り込まれることで, 高分子と相 溶化し固定化される.またイオン液体と同様の原理 で LIX84-I もゲル内に固定化される. そのため, Trim の増加に伴い、イオン液体及び LIX84-I を固定化で きるネットワークが増加し、そこにより多くの LIX84-I が固定化されたと考えられる.この結果から, 以後の実験ではイオン液体と Trim の割合を 5:1.5 と してイオン液体ゲル微粒子を調製した. イオン液体 ゲル微粒子の SEM 写真を Fig.2 に示す. イオン液体 ゲル微粒子は黄白色の不定形粒子で、その表面には 微細な凹凸が形成されていた.また,イオン液体ゲ ル微粒子の平均粒径は約250µmであった.

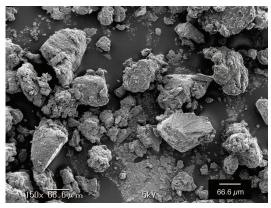


Fig.2 SEM photograph of ion gel particles.

3.2 Cu(II)抽出におよぼす pH の影響

LIX84-I を 10wt%内包したイオン液体ゲルを用いて Cu(II)の抽出率, E_f に及ぼす pH 依存性を検討した結果を Fig.3 に示す.

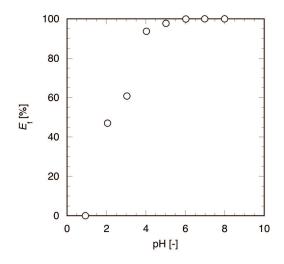


Fig. 3 Effect of pH on the extraction of Cu(II).

Cu(II)の抽出率はpHの増加に伴い上昇し,pH=5以上で完全に抽出されることが分かる.また,

この結果はマイクロカプセル化 LIX84-I を用いた場合と同様の結果であった ⁹⁾.

3.3 Cu(II)抽出におよぼす Cu(II)初濃度の影響

水相中の Cu(II)初濃度を変化させて抽出実験を行った結果を Fig.4 に示す. 水相中の Cu(II)初濃度の増加に伴い, Cu(II)抽出量は増加し, Cu(II)の高濃度領域で抽出量は一定となった.

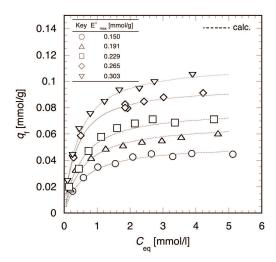


Fig.4 Effect of the initial concentration of Cu(II) on the extraction of Cu(II).

LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子による Cu(II)の抽出は Eq. (6) に示すラングミュア型吸着等 温式に従うと仮定し, q_{max} と K を Eq. (7) を用いて, Fig.4 の結果から算出した. 算出した q_{max} と K を用

いて描いた計算曲線を Fig.4 中に破線で示した. 実験結果と理論値は良く一致していることが分かる.

$$q = \frac{q_{\text{max}} K C_{\text{eq}}}{(1 + K C_{\text{eq}})} \tag{6}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{\text{max}}} + \left(\frac{1}{Kq_{\text{max}}}\right) \left(\frac{1}{C_{\text{eq}}}\right) \tag{7}$$

LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子による Cu(II) の最大抽出量 q_{max} とゲル内の LIX84-I 内包量 E'_{max} との関係を Fig.5 に示す.

 q_{\max} と E'_{\max} の関係は、ほぼ傾き 1/2 の直線となった.このことから、LIX84-I 固定化イオン液体ゲルによる Cu(II)抽出において LIX84-I と Cu(II)が 2:1 で反応していることが示唆される.

3.4 Cu(Ⅱ)抽出における抽出機構の解析

3.3 節の結果より、LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子による Cu(II)抽出における抽出平衡式を Eq. (8) のように定義した。Cu(II)抽出の平衡定数 K_{eq} と分配係数 D はそれぞれ Eqs. (9) と (10) で表される。Eq. (10) の対数をとると Eq. (11) が導出される。

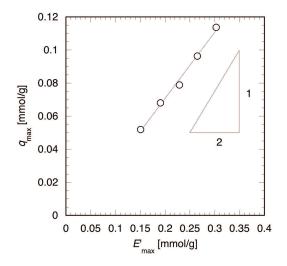


Fig.5 The relationship between the molar content of LIX84-I in the ion gel particle and the maximum quantity of extracted Cu(II).

 $Cu_{aq}^{2+} + 2(HR) \Rightarrow CuR_2 + 2H^+ : HR; LIX84 - I (8)$

$$K_{\rm eq} = \frac{\left[{\rm CuR}_2\right] \left[{\rm H}^+\right]^2}{\left[{\rm Cu}^{2+}\right]_{\rm ad} [{\rm HR}]^2} \tag{9}$$

$$D = \frac{\left[\text{CuR}_2\right]}{\left[\text{Cu}^{2+}\right]_{\text{aq}}} \tag{10}$$

$$\log D = 2\log\left(\frac{[HR]}{[H^+]}\right) + \log K_{\text{eq}} \tag{11}$$

Figure 5 の結果を用いて算出した $\log D$ と $\log ([HR]/[H^+])$ の関係を Fig.6 に示す.

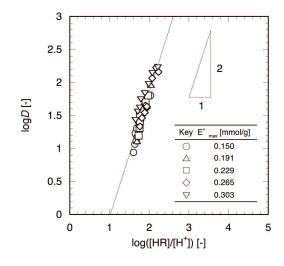


Fig.6 Relationship between $\log D$ and $\log [HR]/[H^+]$.

プロットより傾きおよそ 2 の直線が得られたことから、 LIX84-I 固定化イオン液体ゲルによる Cu(II) 抽出は Eq. (8) で示される抽出機構であることが分かる.

3.5 LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子からの Cu(Ⅱ)逆抽出

LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子による Cu(II)の逆抽出率と pH の関係を Fig.7 に示す. 逆抽出率は, pH=1 では 100%であり, pH の上昇と伴い減少し, pH=4 では 0%となった. 抽出機構が Eq. (8) であるため, 低 pH では, H^+ の濃度が大きく, 平衡が逆反応の方へ進むことから, pH が低いほど逆抽出が高いと考えられる.

3.6 LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子の繰り返し利用

LIX84-I 固定化イオン液体ゲルによる Cu(II)の抽出・逆抽出を繰り返し行った. Fig.8 に示すように繰り返し回数が増加しても Cu(II)の抽出量,逆抽出量ともに減少することはなく,抽出性能の劣化は見られなかった. LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子はCu(II)の抽出において繰り返し使用可能であることが分かる.

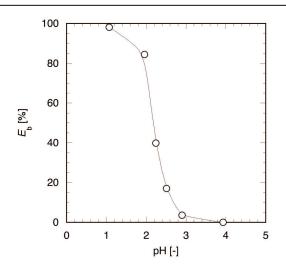


Fig.7 Effect of pH on the back-extraction of Cu(II).

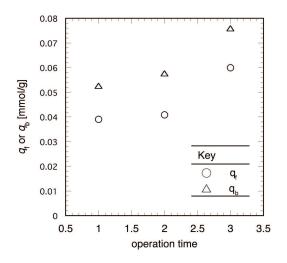


Fig.8 Repetition experiment.

4 結論

Cu(II)の抽出剤である LIX84-I をイオン液体ゲル 微粒子に固定化し,Cu(II)の抽出特性を明らかにし,以下の結論を得た.

- 1) LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子はマイクロカプセル化 LIX84-I 同様の pH 依存性であった.
- pH の上昇と供に Cu(II)の抽出率は増加し、pH=5 以上で Cu(II)の抽出が効率的に起こる.
- 3) LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子による Cu(II)の抽出はラングミュア型吸着等温式に従う.
- 4) LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子による Cu(II)の抽出において, LIX84-I と Cu(II)は 2:1 で 反応する.
- 5) Cu(II)の逆抽出は低 pH で可能である.
- 6) LIX84-I 固定化イオン液体ゲル微粒子は性能が劣化することなく Cu(II)を抽出可能であり、繰り返し使用も可能である.

使用記号

C_0	= initial concentration of Cu(II)	$[mg/dm^3]$
$C_{ m eq}$	= concentration of Cu(II) after ext	raction
		$[mg/dm^3]$
D	= distribution coefficient	$[dm^3/kg]$
$E_{ m b}$	= back extraction rate of Cu(II)	[%]
$E_{ m f}$	= forward extraction rate of Cu(II)	[%]
E'_{\max}	= amount of capsulated LIX84-I	
	[mi	mol/g-gel]
K	= adsorption equilibrium constant	in Eq.(6)
		$[kg/dm^3]$
$K_{ m eq}$	= adsorption equilibrium constant	in Eq.(8)
		$[kg/dm^3]$
$Mw_{ m LIX84-I}$	= molecular weight of LIX84-I	[g/mol]
Mw_{Cu}	= molecular weight of Cu(II)	[g/mol]
qb	= amount of back extracted Cu (II))
		[mmol/g]
$q_{ m f}$	= amount of forward extracted Cu	(II)
		[mmol/g]
$q_{ m max}$	= maximum amount of extracted (Cu(II)
		[mmol/g]
W_{ion}	= amount of ion liquid	[g]
$W_{ m gel}$	= amount of ion gel particle	[g]
$W_{ m LIX84-I}$	= amount of LIX84-I	[g]
W_{Trim}	= amount of Trim	[g]

参考文献

- Kawano, Y., R. Morita, T. Matsui, K. Kondo and F. Nakashio: "Extraction Equilibrium of Palladium in Aqueous Acid Solution with Di(2-Ethylhexyl) Amine in Toluene," *J. Chem. Eng. Jpn.*, 23, 611-615 (1990)
- Mellah, A. and D. Menachour: "The Solvent Extraction of Zinc and Cadmium from Phosphoric Acid Solution by Di-2-ethylhexyl Phosphoric Acid in Kerosene Diluent," *Chem. Eng. Process.*, 45, 684-690 (2006)
- 3) Wang, Y., Y. S. Thio, and F. M. Doyle: "Formation of Semi-permeable Polyamide Skin Layers on the Surface of Supported Liquid Membranes," *J. Membr. Sci.*, **147**, 109-116 (1998)
- Kabay, N., M. Arda, A. Trochimczuk and M. Streat: " Removal of chromate by solvent impregnated resins (SIRs) stabilized by coating and chemical crosslinking. II. Column-mode sorption/elution studies," *React. Funct. Polym.*, 59, 15-22 (2004)
- 5) Molinari, R., T. Poerio and P. Argurio: "Selective

- Removal of Cu²⁺ Versus Ni²⁺,Zn²⁺ and Mn²⁺ by Using a New Carrier in a Supported Luquid Membrane," *J. Membr. Sci.*, **280**, 470-477 (2006)
- 6) Lee, I. H., Y. Kuan and J. Chern :"Fractorial Experimental Design for Recovering Heavy Metals from Sludge with Ion-extraction Resin," *J. Hazard. Mater.*, 138, 549-559 (2006)
- Saitoh, T., F. Nakane and M. Hiraide: "Preparation of Trioctylamine-impregnated Polystyrene divinylbenzene Porous Resins for the Collection of Precious Metals from Water," *React. Funct. Polym.*, 67, 247-252 (2007)
- Galán, B., D Castañeda and I. Ortiz: "Integration of ion exchange and non-dispersive solvent extraction processes for the separation and concentration of Cr(VI) from ground waters", J. Hazard. Mater., 152, 795-804 (2008)
- 9) Zaghbani, A., R. Tayeb, M. Dhahbi, M. Hidalgo, F. Vocanson, I.Bonnamour, P. Seta and C. Fontàs: "Selective Thiacalix [4] Arene Bearing Three Amide Groups as Ionophore of Binary Pd(II) and Au(III) Extraction by a Supported Liquid Membrane System," Sep. Purif. Technol., 57, 374-379 (2008)
- 10) Inda N. I., M. Fukumaru, T. Sana, S. Kiyoyama, T. Takei, M. Yoshida, A. Nakajima, K. Shiomori: "Characteristics and Mechanism of Cu(II) Extraction with Polymeric Particles with

- Interconnected Spherical Pores Impregnated with LIX84-I," J. Chem. Eng., Japan, 50, 102-110 (2017)
- 11) Inda N. I., M. Fukumaru, T. Sana, S. Kiyoyama, T. Takei, M. Yoshida, A. Nakajima, K. Shiomori: "A Kinetic Study of Copper(II) Extraction using LIX84-I Impregnated Polymeric Particles with Different Structures," Solvent Extr. Res. Dev., Jpn, 25, 23-36 (2018)
- 12) Kitabayashi, T., T. Sana, S. Kiyoyama, T. Takei, M. Yoshida, K. Shiomori :"Extraction Properties of Nickel(II) with Interconnected Spherical Pores Impregnating with LIX84-I," Solv. Extr. Res. Dev. Jpn., 20, 137-147 (2013)
- 13) Matsushita, A., T. Sana, S. Kiyoyama, M. Yoshida, K. Shiomori :"Preparation of Microcapsules Containing PC-88A with Interconnected Spherical Pores and Their Extraction Properties for Zn(II)," Solv. Extr. Res. Dev. Jpn., 18, 123-135 (2011)
- 14) Kubota, F., T. Shimobori, Y. Koyanagi, K. Nakashima, K. Shimojo, M. Goto: "Extraction Behaviot of Indium with TOPO into Ionic Liquids," Solv. Extr. Res. Dev. Jpn., 16, 151-155 (2009)
- 15) Nakashima K., F. Kubota, T. Maruyama, M. Goto: "Feasibility of Ionic Liquid as Alternative Separation Media for Industrial Solvent Extraction System," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **44**, 4368-4372 (2005)

タイの知的財産権をめぐる現状

吉井 千周1

Current State of Intellectual Property Rights in Thailand

Senshu YOSHII¹

(Accepted October 1, 2019)

Abstract Many Japanese companies moved the production base in Southeast Asian countries. They had advanced to Southeast Asia as the competitive labor market, but Southeast Asia itself grew up today as a vast market and came to be placed once as a place of production where the consuming place was the nearest.

The characteristic appears as three changes. Primarily, Southeast Asian companies have used the intellectual property right by oneself and came to develop various products. Secondly, they have come to have the role of the watchdog about the intellectual property of the parent company of their own country as a local corporation. Thirdly, they analyzed the other brands of the vast market and had the role of the explorer who worked out the intellectual property strategy of the company's product.

By the reason mentioned above, the establishment of the intellectual property rights system has become the urgent business in each Southeast Asian country, and upbringing of the human resources who were familiar with intellectual property rights again becomes the urgent business. In this article, the maintenance situation of the system about the Thailand intellectual property is discussed.

Keywords [Intellectual property right, ASEAN, Thailand, Creative economy]

1 はじめに

現在、東南アジア諸国には多くの日本企業が進出しており、現地法人で生産を行っている。日本企業は経済成長期、新たな労働市場を前提として東南アジアに進出した。しかし、今日では東南アジアそのものが巨大な市場として成長し、その市場に最も近い生産地として東南アジアは位置づけられるようになった。

こうした変化を受けて、現地法人と知的財産の関

係も大きく変わってきている。かつてのように本国で取得された特許を用いて生産を行うだけでなく、 ①自ら商品開発を行い、特許を取得する「発明者としての現地法人」の役割を担うようになった。また ②東南アジアの現地法人として本国の親会社特許が 侵害されないよう「監視役としての現地法人」の役割も担い、さらに③各企業が生産を行う最前線であるばかりでなく巨大なマーケットである東南アジアにおいて他社製品や消費者の動向を分析し、自社製品の知財戦略を練る「調査者としての現地法人」と

しての役割も持つ。こうした理由のため、日本企業 の現地法人においても知的財産権に精通した人材の 育成は急務となっている。もちろん、現地企業にお いても知的財産権制度の整備は課題となっている。

本報告では、こうした東南アジアにおける知的財 産権制度の現状について、タイを事例として現状分 析を行いたい。

2 東南アジアにおける知的財産権制度

これまでの東南アジアの政治的結びつきは、主と して 1967 年にアメリカの支援の下で東南アジアの 赤化防止を目的の一つとして設立された東南アジア 諸国連合(ASEAN)を基盤としている。当初タイ、 インドネシア、シンガポール、フィリピン、マレー シアの 5 か国で設立された ASEAN は、1984 年に ブルネイ、1995 年にベトナム、1997 年にミャンマ ーとラオス、1999年にカンボジアが加盟したことに より 10 カ国が加盟するアジアを代表する地域経済 統合体となっている。経済発展を続ける東南アジア 諸国は、近年になり第1次産業の比率が低下し、第 2次産業と第3次産業の比率が著しく伸び、経済は 発展しつつあるが、人口において他の地域経済統合 体を上回るものの、GDPでは欧州連合(EU)及び 北米自由貿易協定 (NAFTA) を大きく下回っている [表 1]。

加盟国数 GDP (億 USD) 人口 (万人) 10 ヵ国 6億5,390

表 1 ASEAN の現状 (2018)

東南アジア 2 兆 9,690 諸国連合 ASEAN 欧州連合 28 ヵ国 5億1,321 18 兆 7,486 EU 北米自由貿易 3 ヵ国 4億9,042 23 兆 4,272 協定 NAFTA 南米共同市場 2 兆 6,242 3億459 6カ国

[出典] アジア太平洋局地域政策参事官室:目でみ る ASEAN 経済統計基礎資料,外務省,2019

MERCOSUR

ASEAN 諸国は、経済的な結びつきをより強固な ものにすべく、2015年にASEAN経済共同体(AEC) を設立するに至る。AEC のロードマップである

"Roadmap for an ASEAN Community 2009-2015" において知的財産権は重視されており、「B3. Intellectual property rights (IPR)」という一節が 割かれ、各国の個別的な目標ではなく AEC 全体に おける知的財産権への取り組み姿勢をあきらかにし ている。

国内法の整備はもちろん、世界市場を見越した時 に知的財産権制度に関連する各種条約を批准してい ることが国内への工場誘致や国内企業の海外市場展 開のために重要になる。そうした条約についても比 較的新しい条約である特許法条約 (PLT: Patent Law Treaty)を除く、パリ条約、WTO協定(World Trade Organization)、特許協力条約(PCT": Patent Cooperation Treaty) についても AEC 加盟国ほと んどの国々で採択されている「表 2]。

表 2 ASEAN における知的財産法制度(2019)

国	パリ条約	WTO 協定	PCT	PLT	特許法
日本	0	0	0	×	0
タイ	0	0	0	×	0
インドネシア	0	0	0	×	0
シンガポール	0	0	0	×	0
フィリピン	0	0	0	×	0
マレーシア	0	0	0	×	0
ブルネイ	0	0	0	×	0
ベトナム	0	0	0	×	0
ミャンマー	×	0	×	×	0
ラオス	0	0	0	×	0
カンボジア	0	0	0	×	0
スリランカ	0	0	0	×	0

(著者作成)

なお、これまで知的財産に関する制度が確立され ていなかったミャンマーにおいても 2019年1月に 特許法が成立した。現段階では、パリ条約、PCT共 に未加入であるが近々加入の道が開かれるものとみ られている。

タイにおける知的財産権制度の概要

3.1 タイの経済発展と知的財産権

ASEAN 諸国の中でもいち早く経済成長を遂げた タイではどのような形で知的財産権制度が利用され ているのか概観しよう。

タイ政府は、2008年の国連貿易開発会議 (UNCTAD) による Creative Economy Report 2008 をうけ、Creative Economy Policy を 2009 年 に掲げている。タイにおける開発政策の指針となる NESDP (国家経済社会開発計画: National Economy and Social Develop Plan)2012 年版にも この政策は反映されており、多様な産業分野で創造 性発揮や付加価値創造を促し、広義での知財活動に 力を入れることを宣言している1)。現在タイでは全 就業者の4割を農業が占めているが、政府は外資誘 致に積極的であり、その成果もあり製造業が輸出額 の9割をしめる工業国となっている [表3]。

特に自動車産業の発展は目覚ましく、タクシン政

権下の第 9 期 NESDP (2002-2006) における "Detroit of Asia"宣言により、タイでは国を挙げて自動車産業に注力し、アジアのデトロイトとして、自動車関連企業の動きが活性化している。

自動車産業はあくまでも一例にすぎないが、近年、特に中国の経済発展に伴って賃金が上昇した中国からタイに生産拠点を移動する企業がますます増えている。先の AEC においても言及されている通り、ASEAN への企業進出には知的財産権制度を確立し、世界標準にすることが必要とされており、実際に頻繁に知的財産権に関する政策を実施し法改正を行っている。

表 3 タイの主要品目別輸出<通関ベース FOB> (単位・100 万ドル %)

		(単位:100 カトル、%)					
	2016年	6年 2017年					
	金額	金額	構成比	伸び率			
自動車・同部品	26,345	27,044	1.4	2.7			
コンピューター・同部	16,755	18,490	7.8	10.4			
品							
宝石・宝飾品	14,248	12,827	5.4	$\triangle 10.0$			
ゴム製品	6,580	10,255	4.3	55.9			
エチレンポリマーな	7,717	8,674	3.7	12.4			
ど							
電子集積回路	7,717	8,267	3.5	7.1			
機械・同部品	6,954	7,574	3.2	8.9			
化学製品	6,096	7,460	3.2	22.4			
精製燃料	5,520	7,183	3.0	30.1			
ゴム	4,445	6,024	2.6	35.5			
合計(その他含む)	215,388	236,635	100.0	9.9			

[出典] JETRO: 世界貿易投資報告タイ, JETRO, 2019

3.2 タイの知的財産権関連法制度と整備の現状

タイにおける現存の知的財産権関連法制度は、19世紀に国会図書館の書籍複製禁止法としてスタートした著作権法を皮切りに、特許、小特許、意匠を規定する特許法(1979年制定・施行)や、商標を規定する商標法(1930年制定・施行)、著作物を保護する著作権法などが存在する。現在のタイでは、例えば日本同様に 2016年7月にサウンドロゴといった新しい商標の導入を目指した新商標法が成立するなど世界標準を目指した改正が行われている。また日本同様の営業秘密法(2002年)や半導体回路保護法(2000年)が存在するほか、生物多様性条約への加盟(2004年)にあたり、伝統的医薬サービス保護法(1999年)、種苗法(2000年)といった他の東南アジア諸国に見られない知的財産権も認められている「表4]。

タイの特許法は、日本の特許法における第1条と 同じく、「産業上の利用可能性」を特許権の査定条件 として規定している。このことはタイの知財の目的 をより強固なものとさせている。

また条約関係では、WIPO(世界知的所有権機関 World Intellectual Property Organization)設立条約には 1989 年、パリ条約には 2008 年、PCT 条約には 2009 年にそれぞれ加盟し、最近では 2017 年 11 月 7 日にマドリッド協定(「標章の国際登録に関するマドリッド協定の 1989 年 6 月 27 日にマドリッドで採択された議定書」)に加盟している。

表 4 タイと日本間の知的財産権の比較

日本で対応する知財	権利対象	該当するタイの法律						
特許権	発明	特許法						
実用新案権	考案(小発明)	特許法						
意匠権	意匠	特許法						
著作権	著作物	著作権法						
育成者権	植物新品種	種苗法						
集積回路配置利用権	半導体レイアウト	半導体回路保護法						
商標権	商標	商標法						
商号権	商号	商法						
営業秘密権	営業秘密	営業秘密法						
タイのみに存在する知財関連注・伝統的医薬サービス保護法 地理								

タイのみに存在する知財関連法: 伝統的医薬サービス保護法、地理的表示法

[出典]日本知的財産協会:アジアの知的財産戦略, 日本知的財産協会,2010

タイで知的財産権を管轄するのは、1992 年 5 月に商務省(Ministry of Commerce)の下に作られたタイ商務省知的財産局(DIP: Department of Int ectual Property)である。現在 DIP には、実体審査を行う特許審査官は約 40 名しか存在しない。これは後述するようにタイ国内からの出願が少なく、海外での審査請求を行うことが多いことと関係している。

制度面においても、タイでは弁理士 (Patent Agent)の制度が確立されており、学士取得後、DIPによる所定の研修プログラムを終えた人材を対象とした試験に合格すると弁理士登録が可能になり業務が行えるようになる。難度は弁護士試験と比較して易しいとされており、DIP発表では2017年現在弁理士数は2,192人である。タイの弁護士が約55,000人であることと比較するとその数の少なさが目立つ。年間特許出願31万件を支える日本の弁理士(約11,000人)とは異なり、得意分野などが不明な弁理士もタイでは多いため、現場では混乱が生じている。そのため、後述するとおりタイに進出する外国籍企

業を対象として、パリ条約を用いた出願(パリルート)を用いて DIP に出願するために日本を含む海外国籍の弁理士が多く活動している。

法整備の状況だけをみると、タイの知財関連法は 日本と比して決して遜色のない体制を整えている。 しかしながら、法が存在するだけでは制度としてう まく機能するわけではない。タイに限ったことでは ないが、ASEAN 諸国において運用面において課題 が残っている。

4 タイにおける知的財産権制度の課題と展開

4.1 タイ内国人出願数の低迷

タイにおける各知的財産権の出願実績は、制度設立後から徐々に増えており、2017 年現在では特許 13,870 件、意匠 5,229 件、商標 8,641 件となっている。

表 5 2012 年度タイにおける特許出願ランキング

順位	公開件数	業種	出願人名	国籍
1	146	輸送用機器・部品	本田技研工業 株式会社	日本
2	84	研究機関	タイ国立科学 技術開発庁	タイ
3	82	家庭用品・化粧品	ユニ・チャーム 株式会社	日本
4	60	家庭用品・化粧品	ユニリーバ	オラン ダ
5	55	研究機関	タイ科学技術 研究所	タイ
6	47	エレクトロニクス	三菱電機 株式会社	日本
7	46	化学・繊維	住友化学 株式会社	日本
8	43	家庭用品・化粧品	花王株式会社	日本
9	39	家庭用品・化粧品	コルゲート・ パルモリーブ	米国
9	39	エレクトロニクス	マイクロソフト	米国
11	38	医薬	バイエル	ドイツ
12	36	化学・繊維	BASF	ドイツ
12	36	化学・繊維	住友ゴム工業 株式会社	日本
14	34	エレクトロニクス	エレクトロ ラックス	ス ウ ェ ーデン
14	34	エレクトロニクス	シャープ 株式会社	日本
14	34	エレクトロニクス	パナソニック 株式会社	日本

[出典] 特許庁: 特許出願動向調査報告書―マクロ調査-, 特許庁, 2015

しかし、タイで出願されている特許のうち、その多くを今日では外国人出願が占め、タイ国内からの出願は全体の33%にすぎないという状態が続いている。さらにそうした外国人特許出願のうち日本からの出願は特に多く、2015年では30%が日本からの出願をしめる。なお同様の現象は、タイのみならず、シンガポール、フィリピン、インドネシア、ベトナムでも同様の現象が見られる。

その結果、特許取得者の割合でもタイ国内からの特許取得数は33%にとどまっている(外国人の詳細については未公開)。詳細について、2015年に日本の特許庁が調べた調査結果によれば、2012年度の公開件数上位19出願人の公開件数は[表5]のとおりになっている。またこれらのほとんどがパリルートを利用して取得されており、タイ特許庁における審査制度の整備が待たれる。Creative Economy Policyを実施するタイにとっては、今後どのようにして内国人の特許出願を増やし、特許登録を増加させるかという課題が残っている。

4.2 実体審査の長期化

タイの国内審査では、国内の指定された大学や研究機関に国内審査が委託されるか、オーストラリア特許庁への審査委託を出願人が決定する。国内審査は審査体制の不備(国内審査委託先による査定基準が統一されていない等)が指摘されており、一方オーストラリア特許庁への審査委託は約 10 万バーツ(約 35 万円)と高額である。またその査定にかかる期間も ASEAN 経済共同体(ミャンマーを除く)の平均が 5~6 年であるのに対して、10 年前後と長期化している。なお日本での審査請求日から一次審査通知までの平均期間が 12.5 ヶ月であり、最終的な権利化までの通知までの期間が、平均して 18.8 ヶ月であることを考えるとその遅さが目立つ。

そこで多国籍企業の多くは他国において特許を 出願し6カ月後にパリルートでタイ DIP に特許出 願するという戦略をとる。パリ条約では、批准国に おいて正規の特許、実用新案、意匠、商標の出願を 行った場合、特許および実用新案については12カ 月、意匠および商標については6カ月の期間中優先 権を出願者に与える。この優先権期間中に他の同盟 国に対して同一内容の出願を行った場合、当該他の 同盟国において新規性、進歩性の判断や先使用権の 発生などについて、第1国出願時に出願したものと して取り扱われ、外国企業にとって本国の特許を海 外に移転する際に重要な手法として用いられている。 タイではこのパリルートを用いた特許が多い。

タイでの特許出願は外国人が多いため、特許法第 27条の規定に基づき、実体審査において修正実体審 査 (MSE: Modified Substantive Examination) が 採用されている。修正実体審査では、対応他国出願 の審査結果等を提出することにより、実体審査を行 うことなく、対応出願の特許クレームにて特許査定 が得られる。タイの DIP に所属する審査官は、提出 済みの他国特許公報のクレームに合わせる補正を要 求し、その要求に従うことによって特許査定を得る ことが可能で、他国審査結果情報が提出されない限 り、出願は放置され審査は進まない。このようにパ リルートで特許査定を出願する場合、通常ケースで あれば他国情報の提出から1年~2年で庁通知が発 行され、庁通知への応答から半年~1 年程で特許査 定が得られる。なおこの手法は海外企業だけではな く、タイの大手企業でも使用されている。自国民で あっても他国での特許取得を狙い、再度パリルート を通じて、自国において特許取得するといったこと が行われている。

4.3 憲法 44 条に基づく特許審査促進措置

こうした特許査定の遅延について、DIP 及び現在 のプラユット政権は以下の対応を行った。DIP のデ ータによれば、2016年の段階で約12,000件の係属 中案件があり、この滞留案件を処理していくために 特別措置として、国内審査に修正実体審査制度と再 審査制度の一時的導入提案がなされた。現在、タイ 特許法では第27条で対応国の審査結果提出義務を 定めているにとどまっている^{注1)}。だが今回の提案 により特別措置として、①出願手続きから5年以上 経過しており、②審査請求手続きが暫定憲法 44 条^注 2) に基づき、特許審査促進措置発令より前に行われ ている特許出願について、③特別措置発令から3ヶ 月以内に必要書類と一緒に申請(関連する費用は再 度納付) することにより、④タイ特許庁が指定する 国際調査機関と国際予備審査機関である特許庁(米 国、欧州、日本、中国、韓国、オーストラリアのい ずれか)で特許付与されているクレームと一致して いるかの審査を経て特許となり、⑤ (現在タイでは 再審査は認められていない)この運用で付与された 特許に対しては、付与から1年以内であれば誰でも 再審査請求が可能、という内容をもつ提案が DIP よ りなされている。

4.4 日本特許クレームを利用した特許審査ハイウェイ (PPH) の導入

また、日本国特許庁とタイ特許庁は、2014年1月1日から特許審査ハイウェイ(PPH: Patent Prosecution Highway)制度を実施している。PPHは企業のグローバル展開が急務となる中、海外の複数の国での特許の早期権利化を図るための制度として米国でスタートした。従来から各国においてを申請する場合、その理由を明記する必要があったがPPHではそうしたが不必要となる。というのも他国において特許性があると判断されていることを根拠として、特許権を得るための手続き早期審査を受けることが可能になっているからである。そのため現在では、PPHに基づいて日本の特許庁で特許可能と判断された発明を有する出願について、出願人の申請により、タイ特許庁において簡易な手続で早期審査が受けられるようになっている。

PPH 導入による日系企業の恩恵として、手続きの早期審査制度を有していないタイ特許庁において早期審査を受けることができるようになった。加えて拒絶理由通知(オフィスアクション: Office Action/Official Action)回数を減少することができ、審査期間を短縮することにも貢献している。既に日本特許庁で特許可能と示された請求項を対象とするため、拒絶理由通知の回数が減り、またそれによるコストの発生を抑えることが期待されている。また本制度については、延長が繰り返され、2019年12月31日まで実施することに両国とも合意している。

PPH は審査着手前に行う必要があるものの、他国の審査結果を提出しなければ審査が進まないため、意図せずに PPH が利用できなくなるというおそれはない。2017 年 4 月までに、93 件の PPH を利用した出願があり、すでに特許査定されたものも存在する(2017 年 8 月調査)。

4.5 タイにおける知的財産権教育

こうしたタイの知的財産政策において、タイ国内での知的財産人材育成が重要な位置をしめることは当然である。しかし大学教育に限って述べるとタイの国立大学156校の工学部において知財教育は行われていない^{注3)}。また私立大学43校においては、工学部を擁する7校が実施しているにすぎない。タイの大学では知財教育は法学部を含む社会科学系学部でのみ行なわれているのが実状である²⁾。これは日本の知り財産権教育は工学系に行われていると言われながらも、製品開発を行うことをもって知財教育となされ、その制度的な理解については停滞しているという現状がある^{注4)}。同様にタイでもまたものづくりの理念は学ぶが、制度的な理解は広まっていな

いように考えられる。

タイ経済もまた、海外企業における製品開発と (たとえ国内で開発された発明であったとしても) 海外で取得された知財をベースに発展した。東南ア ジアの大学は理工系において、日本国内の大学より も世界的な大学ランキングで上位に食い込むように なり、実際に優秀な技術者を多く輩出している。タ イにおいては、これまでのチュラロンコン大学やタ マサート大学といった一流国立大学の他、英語のみ で授業を行う国際大学アジア工科大学 (AIT:Asian Institute of Technology: 1959 年設立)、キングモン クット工科大学ラカバン校(1960設立)、キングモ ンクット工科大学トンブリー校 (1960 設立) といっ た国立工科大学が設立され、技術者が多く養成され ている。これらの大学は大学世界ランキングに日本 の大学よりも上位にランクインするほど高度な教 育・研究水準を保っているが、研究開発を行う理工 系の人材育成ほどには知的財産権教育は根付いてい ないのが現状であり、こうした知財教育をめぐる状 況の中では、タイの知的財産権をめぐる環境も改善 されることはないように思われる。

5 おわりに

本報告ではタイの知的財産権をめぐる状況を概観し、現在の問題点を記した。

こうしたタイをめぐる知的財産の変化は決して 我々日本人にとっても無縁ではない。高等専門学校 を含む高等教育機関において言及される「グローバ ル人材の育成」においてもその認識を改めるきっか けになる。残念ながら、もはや科学技術において日 本は東南アジアをリードする存在とはいえなくなっ ている。分野によっては ASEAN 諸国においても後 塵を拝する状況にある。そうした環境の中で、世界 に通用するグローバルエンジニアの育成を重点課題 に掲げ多角的な取組を行うためには、ものづくりを 行える学生を育てるだけでなく、各国における知的 財産権を取り扱えることのできる学生の育成もまた 必要となっている。

前述したとおり、まだまだタイ国内における知的 財産権教育の取り扱いは、十分ではないが、新しい 兆しも見えている。タイでは 2007 年に盤谷日本人 商工会議所の全面協力の下で、タイ日技術振興協会 によって泰日工業大学(Thai Nichi Institute of Technology: TNI)が設立された。工学部、経営学 部からなる TNI では、知財の授業が必修とされてお り、日本式ものづくりを体系的に学び、経営におけ る知財の位置づけを理解できるようになっている。 こうした TNI の方針は多くの日系企業から高い評価を受け、就職率は 2016 年度の第 5 期卒業生 648 名のうち、約 3 分の 1 にあたる 179 名が日系企業/日系取引企業に就職し、タイの現地日系企業を支える技術者として活躍している 3)。知財教育が直接的にこの高い就職率を呼び起こしたものではないにせよ、こうした知的財産権教育を取り込むカリキュラムの姿勢は高く評価できるものと考える。

めまぐるしい経済の変化、工業技術の発展の中で、 知的財産法制度については法制度の不備を随時変更 する即効性が期待されている。特に知的財産権法に ついては、法制度が使い続けられることで生じる法 的安定性がある一方で、常に変わり続けることでも また安定性が生まれる法分野である。また極めて当 該国の政策、世界経済の状況が反映されやすい分野 でもあるため、今後、同分野においてどのような形 で法研究を進めれば良いのか、この領域における課 題は累積している。この小論が少しでも読者の興味 を引き、実務家・研究者の数も不足しているこの分 野への参加を招くきっかけとなれば幸いである。

謝辞

本研究は、特許庁・INPIT 特許情報研修館による 平成 28 年度「知的財産に関する創造力・実践力・活 用力開発事業」採択課題「グローバルスタンダード 化された知財教育カリキュラムの立案と実施」の助 成を受けた。加えて泰日工業大学に客員准教授とし て赴任中に同僚の Prajak Chertchom, Patsama Charoenpong, Tanasin Yatsungnoen の各氏に多く のコメントを頂いた。

注

1) 特許庁による邦訳は以下の通り。

https://www.jpo.go.jp/shiryou/s_sonota/fips/pdf/t hailand/tokkyo.pdf

タイ特許法第27条

出願審査において、担当官は、出願人を召喚して 質問に答えさせ又は書類その他を提出させること ができる。外国で特許出願を行った出願人は、省 令に定める規則及び手続きに従い、出願審査報告 書を提出しなければならない。提出すべき書類が 外国語である場合、および人は、その書類をタイ 語の翻訳文と共に提出しなければならない。出願 人が前段落に基づく担当官の指示に従わないと き、又は90日以内に本条第2段落に従って審査 報告書を提出しないときは、出願人は、その出願 を放棄したものとみなす。 長官は、必要に応じて適当と考える期間を延長す ることができるものとする。

- 2) JETRO による邦訳は以下の通り。
 - https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/t h/business/regulations/pdf/general_2_2014.pdf タイ暫定憲法 2014 年 第44条 (国家平和秩序 維持団団長の絶対権限)諸分野での改革、国民の 団結と和解のため、または治安維持もしくは国家 安全保障、王位、国家経済、公務を破壊する行為 があれば、それが王国内、王国外で生じたもので あるかどうかを問わず、それを防止、制止、掃討 のために必要と判断すれば、国家平和秩序維持団 団長は国家平和秩序維持団の承認をもって制圧、 もしくは何らかの行為をなす。ここにその行為が 立法上、行政上、司法上の効力を有するかどうか を問わず、その命令、行為、当該命令の遵守は法 律及び憲法に従ったもので、究極的なものとする (対抗できない)。ここに当該実施があった時は 速やかおよび国家立法議会議長と内閣総理大臣に 報告する。
- 3) Senshu YOSHII and Tanasin Yatsungnoen: Possibility of Intellectual Property Right Education in Thailand, Journal of Business Administration and Languages, 4 (2) 61-65 Thai Nichi Institute of Technology, 2016
- 4) 吉井千周: 高等専門学校における知的財産教育の現状と課題-都城工業高等専門学校を事例として -, 都城工業高等専門学校研究報告, 43, 73-79, 都城工業高等専門学校(2009)

参考文献

- 1) National Economic and Social Development Board:11th National Economic and Social Development plan, Bangkok, 2012
- Paul TJ James: The creative university in the Thai creative economy, Research in Business and Economics Journal, Bangkok University, 2015
- 3) Prajak Chertchom, Senshu YOSHII, Patsama Charoenpong and Tanasin Yatsungnoen: Developing a software tool to assess SME's competency in ICT adoption, Phase 1: The study of success factor for SME's ICT adoption, Thai Nichi Institute of Technology, Thailand, 2016

教 育 論 文 編

実験スキル評価シートを利用した電気情報工学実験の改善その1. 電子回路実験

白濵正尋1

Improvement of Experiments for Electrical and Computer Engineering using Experiment Skill Sheet
Part 1. Electronic Circuits Experiments

Masahiro SHIRAHAMA¹

(Accepted October 1, 2019)

Abstract National Institute of Technology has launched a project which developed the evaluation indicator of experiments. We evaluate a student's *Experiment Skill* (ES) using an *Experiment Skill Sheet* (ES Sheet). This project is called the *Experiment Skill Project* (ES Project). The ES Project proposed a model experimental textbook and the evaluation indicator for an experiment in each Engineering Course. Our Department of Electrical and Computer Engineering (DECE) has cooperated with the ES Project of an Electric and Electronic system. 1st, we wrote the experimental textbook and the evaluation indicator of the ES Sheet about 2 experiments in the ES Project. 2nd, this method was put into effect in 6 experiments of our DECE. I rewrote the textbook and wrote the ES Sheet for our 6 experiments. 3rd, I estimated the student's experiment skill using the ES Sheet of our experiments.

Therefore, this paper reports 1) two themes of experiments in the ES Project, 2) improvement of 6 experiments in our DECE, and 3) the value using these ES Sheets.

Keywords [Experiment, Skill, Evaluation, Model core curriculum, Electronic circuits]

1 序論

国立高等専門学校(以下、高専と略す。)機構の教育改革推進本部は、プロジェクト(以下、実験スキルPJと略す。)「専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発」を始動させた。この目的は、モデルコアカリキュラム ¹⁾ (MCC; Model Core Curriculum、以下 MCCと略す。)に記載されている、技術者が備えるべき「専門分野別の専門的能力の実質化」に示めされている工学実験・実習能力の到達目標を達成することにある。そして、平成30年(2018年)に、到達レベルに応じたモデル実験書注1)と、評価指標の策定方法を報告した^{2,3)}。

このモデルコアカリキュラム(MCC)¹⁾ は、国立高 専のすべての学生に到達させることを目標とする最 低限の能力水準・修得内容である「コア(基礎的最 小能力基準、ミニマムスタンダード)」と、高専教育 のより一層の高度化を図るための指針「モデル」を 提示したものである。この「コア」では、「数学」「自 然科学」「人文社会学」「工学基礎」といった技術者 が共通で備えるべき基礎的能力の到達目標と、「実 験・実習」を含む専門分野別能力の到達目標が明示 されている。以上のことについては、まず、モデル コアカリキュラム (試案) 1) が公表された。現在、 試案の内容が一部見直され、モデルコアカリキュラ ム改訂版 4) が公表されている。一方、「モデル」で は、「汎用的技能」や「態度・志向性(人間力)」「総 合的な学習経験と創造的な思考力」といった技術者 が備えるべき分野横断的能力の到達目標が明示され ている。この「モデル」については、別のプロジェ クト「分野横断的能力に関するアセスメント評価モ デルの構築」が実施されている。そして、平成30年

考察の妥協性

を評価できる

結果・分

析·考察

レベル(Lv)	Lv1	Lv2	Lv3	Lv4	Lv5	Lv6
対象	工学実験・実習			卒業研究・ PBL	特別研究	教員
計画 と 実施	教員等の助言 を受けなが ら、予め用意 された手順書 に基づいてま 験を施できる	予め用意され た手順書 に基 づいて、自ら 実験を実施で きる	基本的な実験 について自ら 実験を実施で きる	問題解決のために必要な実験に気づき、 実験を実施できる	問題解決に適切な実験方法を選択・実施できる	必要な実験計 画や分析結果 の妥当性を評 価して実験計 画等を再構築 できる
機器・器具の準備と操作	指示された実 験機器・具を 教員や TA の 指示に従い正 しく使用でき る	指示された実 験機器・器具 を操作マニュ アルに従って 正しく使用で きる	必要な実験機器・器具を準備し、基本的な操作ができる	機能や適用範囲に応じて実験機器・具を自らしている。	←左 Lv4 に同動作原理も理解している。	←左 Lv4 に同 学生に機器・ 器具の説明が でき、動作原 理も理解して いる。

指示に従って

結果をまと

め、自ら分

きる

析・考察がで

表 1 実験系共通ルーブリック $^{2,5)}$

表 2 電気電子系分野の実験テーマ (a)MCC 到達目標と実験テーマとの対応

予め用意され

た形式で結果

のまとめ・分

析・考察がで

きる

指示に従って

め・分析・考

結果をまと

察ができる

学習内容	到達日標要日				実	験テー	₹N c	٠.			
容	到是口保安口	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	測定が実践できる。	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計測技	R, Zの測定が実践 できる。	0		0			0				
術	オシロスコープにより波形観測が実践で きる。				0	0	0			91	
	安全に実験する。	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	キルヒホッフ		0								
	分圧・分流	0									
電気回	ブリッジの平衡	0		0							
路路	重ねの理	0	0								
	インピーダンスZの 周波数特性						0	0			
	共振					0					
	ダイオード								0		
	トランジスタ									0	
電子回路	增幅回路									0	
P-11	論理回路										0
	デジタルIC										0

(b) テーマ No.とテーマ名

No.	テーマ名
1	電圧電流抵抗の測定
2	キルヒホッフの法則
3	ホイートストンブリッジ
4	オシロスコープ
5	RLC回路
6	インピーダンス(Lv1,2:RLCの単素子、Lv3:RCおよびRL直列回路)
7	交流電力の測定
8	半導体素子
9	増幅回路
10	論理回路

表 3 情報系分野の実験テーマ (a)MCC 到達目標と実験テーマとの対応

きる

複数の側面か

ら論理的に分

析・考察がで

得られた結果

から論理的に

できる

分析・考察 が

学習内容	到達目標要目	実験テーマNo.									
子省內谷		1_1	1_2	2_1	2_2	3_1	3_2	4	5	6	
	ソースプログラム			0	0			0			
	フローチャート			0	0						
	ロードモジュールに変換			0	0			0			
ング基礎実習	アルゴリズム			0	0					_	
	ソフトウェア開発、動作確 認			0	0			0			
	基礎的論理回路								0		
2 論理回路設	電気電子測定					0	0	0	0		
計実習	組み合わせ論理回路、順序 回路								0		
3開発環境構	開発環境が構築できる	0	0								
築実習	ソフトウェア(アプリケー ション)	0	0								
ションの設計	要求仕様に従ってプログラムを設計し、適切な実行結 果を得ることができる。									C	

(b) テーマ No. とテーマ名

No.	学習内容	テーマ名					
1_1	O HH VV vill Life Life for	Linux開発環境の構築					
1_2	3 開発環境構築	タブレット用アプリ作成の環境開発					
2_1	1プログラミング基礎実習	2次方程式の解の計算					
2_2	1 ノログブミング 基礎美質	連立1次方程式の解の計算					
3_1	2 基礎的な電気電子回路実	基礎電気電子回路実験					
3_2		キルヒホッフ則と抵抗の直並列					
4	1, 2マイコンによるハー ドウェア制御	ADC, DAC、LED点灯制御、7セグ LED, キャラクタLCD					
5	2論理回路設計実習	論理回路設計実習					
6	4アプリ設計と製作	タブレット用アプリ作成の基礎					

(2018 年) に、合同シンポジウムも行われた。その 結果は、報告書にある 3 。

実験スキル PJ「専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発」が開始された時、都城高専(以下、本校)の電気情報工学科(以下、本学科)は、連携校として加わった。その成果は、シンポジウム³⁾で報告された。このプロジェクトの中で、本学科は、電気・電子系分野の電気回路実験(2 テーマ)において、モデル実験書の作成、その実験の評価指標である実験スキル評価シートの作成に携わった。その後、本著者は、本学科担当の電子回路学生実験に、この方法を適用し、実施し、評価した。

以上、本論文は、1) 実験スキル PJ における著者 担当実験テーマと、2)本学科電子回路実験書の改訂、 3) 実験スキル評価シートの作成、4) 実験スキル評価シートの実施結果について報告する。

2 専門分野別工学実験・実習能力および実質化に 関する評価指標の開発プロジェクト(実験スキル PJ)

2.1 概略

専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発プロジェクト(実験スキル PJ)は、函館高専らの進めた大学間連携共同推進事業 5 「専門分野別到達目標に対するラーニングアウトカム^{注2)} 評価による質保証」をもとに開発し、展開されてきた。その連携事業で、初めて提案された「実験・実習スキル系ルーブリック 2.5」(実験系共通ルーブリック)を表 1 に示す。ここで、著者が、太枠内を付け加えている。本実験スキル PJ は、表 1 の到達レベル 1-3(Lv1-Lv3)の工学実験・実習を対象に実施した。

そして、実験スキルPJを実施した高専は、旭川高専を拠点校とし、函館、仙台、鶴岡、小山、木更津、長岡、久留米、都城高専の計9高専である。この9高専が連携して、実験スキルPJの開発、実践を行った。各校の担当者は、MCCに記載の7分野に分かれ、分野別リーダーを中心に実践を行った。本学科が協力した電気・電子系分野では、鈴木氏(小山高専)をリーダーとし、7高専でプロジェクトを実施した3。

この実験スキルPJの成果は、報告書3)にある。

2.2 著者担当実験テーマの実験書の作成

電気電子系分野実験テーマを表 2 に示す。参考のため、情報系分野の実験テーマも表 3 に示す。そして、表 2 (a) に MCC と対応させた。その実験 12 テ

ーマを表 2 (b) に示す。本著者は、電気・電子系分野の電気回路実験の 2 テーマを担当した。その実験テーマは、1) インピーダンスの測定 (テーマ No.6)、2) 交流電力 (テーマ No.7) である。次に、到達レベル (Lv1-Lv3) ごとの「全分野共通の実験書作成のための指針」のもと、担当実験テーマの実験書を作成した。以下に、その指針 3) を抜き出して、箇条書きで示す。重要項目には下線が引かれる。

● 到達レベル1の実験書作成について

レベル1 (Lv1)

計画と実施

教員等の<u>助言を受けながら、予め用意された手順書に基づ</u> いて実験を実施できる。

機器・器具の準備と操作

指示された実験機器・器具を教員やTA の<u>指示に従い</u>正しく使用できる。

結果・分析・考察

予め用意された形式で結果のまとめ・分析・考察ができる。

- ・原則として、学生が実施する部分の文書は、<u>かっこ抜きや空欄、表</u>を埋める形式で作成する。
- ・実験方法、機器の使用方法は詳細に記述する。
- ・実験手順を予め記述する。
- ・結果を記述するための表、空欄または形式を用意する。
- ・分析、考察するための方法または手順等を記述する。
- ・補足:実験結果や分析、考察をするために<u>誘導する形でかっこ抜き</u>や文書の量を指定した枠(例えば50字以内)を作ることもよい。

到達レベル2の実験書作成について

レベル 2 (Lv2)

計画と実施

予め用意された手順書に基づいて、自ら実験を実施できる

機器・器具の準備と操作

指示された実験機器・器具を<u>操作マニュアルに従って</u>正しく 使用できる

結果・分析・考察

指示に従って結果をまとめ・分析・考察ができる

- ・原則として、<u>学生が実験書を見ながら実施できるよう詳しく</u>丁 寧に作成する。
 - ・実験方法、機器の使用方法は、詳細に記述する。
 - ・実験手順を予め記述する。
 - ・分析、考察するための方法を記述する。
- ・補足:実験方法や機器の使用方法、および実験手順は、実際に使用する機器を図示するなどし、<u>指導者の助言がなくても</u>実施できるよう工夫する。

表 4 インピーダンスの測定 (No.6) の評価スキルシート

実験評価シート

 分野名
 電気電子分野

 実験テーマ名
 テーマ6. インピーダンス

学年配当 2~3年 到達レベル 全体

項目	スキル	到達目標	レベル	/3相当	レベル	2 相当	レベル	/ 1 相当			自己評価
- Colorador			3 A	3B	2A	2B	1 A	1B	С	D	
計画と実施	インピーダ ンスの測定	インビーダンスを測定で きる	自ら インピー ダンスを測定 できる	教員等の若干 の助言を受けて、自らイン で一がシスを 測定できる	実験手順に 従って 、イン ビーダンスを 測定できる	教員等の若干 の助事を受明さい。 変験手で、 変し、 でいる でいる でいる できる でできる	実験書のかっ こや空欄を埋 めながら、インンを 部定できる	数長等のなが書き 長野であるインスる をして、グできる できる。 できる。 できる。 できる。 できる。 できる。 できる。 で	教員等の詳細 な助言を受イン なががら、 ンスを 削定できる	教員等の助言 を受けても、 インビーダン スを測定でき ない	0,00
計画と実施	交流回路	実験回路図どおりに回路を作成できる	自ら回路を作 成できる	教員等の若干 の助言を受け で、自ら回路 を作成できる	実験書の手順 に従って、回 路を作成でき る	教員等の者干けの を受ける を受ける を を を を を を を を を を を を を を を を を を を	実験書のかっ こやながら、 はなながら、 いまを作成できる	教を与いながらいない。 教を多いながきないない。 をいったのでは、できるのでは、できるのでは、できるのでは、できるのでは、できるのでは、できるのでは、これでは、これでは、これでは、これでは、これでは、これでは、これでは、これ	教員等の詳細 な助言を受け ながら、できる を作成できる	教員等の助言 を受けても、 回路の作成と インで一ダン スの測定もで きない	
機器・器具 の準備と操 作	電流計、電圧計、電力計、力容を対した。 おい、周波を対力が、周波を、オシロスコープ	電流計、電圧計、電力 計、力率計、周波数カウ ンタ、オシロスロープな どのうち、必要な計測器 を使って始期定物のイン ビーダンスを測定できる	自らアンタタルク理イス要操が が大きないという。 がよれているでは、 は、 は、 は、 は、 は、 は、 は、 は、 は、 は、 は、 は、 は	教員助デチザーのイス要操が でなり、一定調計する を必り、一定調計する を必り、一定調計する を必り、一定でである。 でである。 でである。 でである。 でである。 でである。 でである。 でである。 でである。 でである。 でである。 でである。	実験書に記載方理 さ法をし、シンを操作し、 がにから、 がにでいる。 ででででででいる。 でででである。 ででである。 でしる。 でである。 でもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでもでも	教の大きない。 教員時には、 を受けるでは、 を受けるでは、 を受けるでは、 を受けるでは、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、	詳細に記述された使用方解 れた使用方解 し、インピー ダンと要な に器を操作する ことができる	教員等のながに使解し、 は から は か	教員等では を 数員等言を で を ががが がが がが がが がが がが がが がが がが	教員等の助言を受けても、 インの制御定にを を要換作すること 要操作すること	
結果・分 析・考察	インビーダ ンスの説明	実験結果から被測定物の インビーダンスを説明で きる	自ら考えて、 実験測定場等 を設め を説明できる	教員助、工作を考慮を受ける。 教のでである。 を受ける。 を変ける。 をでし	記述された方、 法に則って、 実験結果から 被測定物ダンで を説明できる	教員等言記法実施の 大大、らインを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのイスを がのいた。 がのい。 がのいた。 がのい。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのい。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのいた。 がのい。 がのいた。 がのい。	詳細に記述さきれた法やき、 れたたまでき、 実験結果からイス を説明できる	教をら述やきかのンき 員受、さ手、らイスを 員で、さ手、ちんるる でも述べるのと でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でも述べる。 でもなった。 できる。 できる。 できる。 できる。 できる。 できる。 できる。 できる	数員等でで受け を受け を受け を受け を表する をまる。 を。 を。 を。 を。 を。 を。 を。 を。 を。 を	教員等でを験別ない。 受けるでもいるでは、 を表現して、 をままななななななななななななななななななななななななななななななななななな	

A:「優」相当、B:「良」相当、C:「可」相当、D:「不可」相当

表 5 交流電力の測定 (No.7) の実験スキル評価シート

実験スキル評価シート

<u>分野名</u> 電気電子分野 実験テーマ名 テーマ7. 交流電力 学年配当 2~3年 到達レベル1~3

項目	スキル	到達目標	レベル	·3相当	レベル	2相当	レベル	/1相当			自己評
			3A	3B	2A	2B	1A	1B	С	D	
計画と 実施	交流回路	回路図どおりに 実験回路を作成 してきる	自ら実験回路電子の を作成し、 力を測定できる	教員等の若干 の助力を受回ない。 を対し、でをから、 を作を測定でできる。 を作る。 をできる。 とできる。 とてきる。 とてもる。 とても。 とても。 とても。 とても。 とても。 とても。 とても。 とても	実験書に従って、実験書に従って、実験回の電を作成し、電力を測定できる。	教員等の者子 か助助実験書 変し、 変し、 変し、 変し、 変し、 変し、 で で で で で の で の で の で の で の で の で の で に の で に の た の で に の に 。 。 に 。 。 に 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。	実験書に従った で で で で で で で で で で で で で で で で で で で	教をら従路かをもしてできる。	教員等の詳細 な助言を受実被 いたを作力を したできる	教員等の助言 を受けても、 実験回路の作成も電力の測定もできない	
機器・器 具の準 備と操 作	電力計	・電力計を正し く操作すること ができる	自ら電力計を操作することができる	教員等の若干 の助言を受電力 て、検操作する ことができる	使用方法を適 切に理解し、 電力計を操作 することがで きる。	教員等のおきない。 教員等を要するでは、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、	詳細に記述さされた使用方は れた使明方は でも、電力計 をし、操作できる。	教をら述されて 製をも述されて 要ながいでは のながに では 細た理かること ができる	教員等の詳細な助言を受電力ながら、作する ことができる	教員等の助言 を受けても、 電力計を操作 することがで きない	
結果·分析·考察		・他の実験結果 と合わせて、力 率、無効電力、 皮相電力を求め ることができる	自ら考集とで、果力を持ち、大きなののののののののののののののでは、大きないでは、大きなのでは、大きなのでは、大きなのでは、大きなのでは、大きなのでは、大きなのでは、大きなのでは、大きなのでは、大きないでは、大きなのでは、大きないでは、大きないでは、大きないでは、大きないでは、たきないでは、たらないではないでは、たらないでは、	教のてて、 を を を を を を を を を を を を を	実験書に記載に記載に記載に記載に記載に記載に記載に記載に記載に記載に記載を記しています。 大き	て、実験書に 記述された方 法に則って、 他の実験結果	詳れた基集 細た方基集中で 記法で奏き結て電電の を水できる を水できる を水できる を水できる を水できる とができる とができる とができる とができる とができる とができる とができる とができる	教をら述やき結て電力等をら述やきおれ順にの合い。 員受、さ手、果カカカ等とがであれるる。 をも述べきが、果カカカ等とができたができた。 は、これが、これが、これが、これが、これが、これが、これが、これが、これが、これが	数は 製助的を 製助的を を を を を を を を を を を を を を	教は、大学の大学の大学の大学の大学の大学の大学の大学の大学の大学の大学の大学の大学の大	
		評価基準	A:「優」相	 当、B:「良	計 相当、C:	「可」相当、	D:「不可」	相当			

到達レベル3の実験書作成について

レベル3 (Lv3)

計画と実施

基本的な実験について自ら実験を実施できる

機器・器具の準備と操作

<u>自ら</u>必要な実験機器・器具を準備し、基本的な操作ができる

結果・分析・考察

指示に従って結果をまとめ、自ら分析・考察ができる

- ・原則として、学生が自ら実施できるよう作成する。
- ・実験方法、機器の使用方法は、<u>マニュアルを別途用意するなどして</u> 基本的な操作ができるようにする。
- ・実験手順については、指示を出すのみで詳細に記述しない。
- ・分析、考察については、<u>指示を出すのみで、学生自身で考えるよう</u> 促す。
- ・補足: 実験書に参考文献を載せたり、実験室に常備しているマニュアルを見たり、JIS 準拠の試験方法手順書を別途用意するなど、学生が自ら実施できるよう工夫する。実験を通して得られた知見を学生自らが分析、考察し、文章で報告できるように工夫する。

次に、本著者が担当した2テーマについて説明する。以上の指針に従い、Lvごとに実験書を作成した。

2.2.1 インピーダンスの測定

インピーダンスの測定 (Lv1) の実験目的を以下に示す。

- 1) R、C、L における電圧、電流の大きさと位相差 を理解する。
- 2) そして、インピーダンスについて理解を深める。 実験では、オシロスコープによる波形観測を中心 として測定する。

Lv2 の目的を以下に示す。

- 1) C、Lの周波数特性を理解する。
- 2) R、C、L における電圧、電流の大きさと位相差 を理解する。
- 1)では、電子電圧計でより正確に電圧を測定する。 2)は、Lv1と同様の内容である。
 - Lv3の目的を以下に示す。
- 1) RC 直列インピーダンスの周波数特性とベクトル図を理解する。
- 2) RL 直列インピーダンスの周波数特性とベクトル図を理解する。

ここで、実験測定の注意として、オシロスコープによる波形観測では、2chを用い電圧を測定のため、プローブのグランド共通とすることが重要である。以上、Lvごとに作成した実験書は、参考文献³⁾にある。

2.2.2 交流電力

交流電力の実験の目的を以下に示す。

- 1)電流、電圧、電力の電気諸量の測定が実践できる。
 - 2) 交流電力について理解を深める。
- 3) アナログ電力計の使い方と、力率、無効電力、皮相電力の求め方を学ぶことである。

以上、Lvごとに作成した実験書は、参考文献³⁾にある。

2.3 実験スキル評価シートの作成

先の 2.2 中の L v ごとにおける指針のもとで作成 した各テーマ実験書の作成と同時に、その実験の評 価指標である実験評価スキルシートを作成した。

本著者が担当した2テーマ、インピーダンスの測定と、交流電力の評価スキルシートを、それぞれ表4、表5に示す。2テーマのLvごとにおける作成した実験スキルシートは、参考文献³⁾にある。

表 6 4年電子回路実験テーマ (a) MCC 到達目標と実験テーマとの対応

兴邓市宏	到達目標要目		実	験テー	₹N c	٠.	
学習内容	判 連日保安日		2	3	4	5	6
	測定が実践できる。	0	0	0	0	0	С
計測技術	R, Zの測定が実践できる。		0			0	
可例纹例	オシロスコープにより波 形観測が実践できる。				0	0	C
	安全に実験する。	0	0	0	0	0	C
	キルヒホッフ		0				
	分圧・分流			0			
	ブリッジの平衡						
電気回路	重ねの理	0	0				
	インピーダンスZの周波 数特性				0	0	
	共振						
	ダイオード						C
	トランジスタ	0	0				C
電子回路	增幅回路		0	0	0	0	C
	論理回路						C
	デジタルIC						C

(b) テーマ No.とテーマ名

No.	テーマ名
1	トランジスタのhパラメータ
2	トランジスタを用いた増幅回路
3	演算増幅器 (オペアンプ) の基礎特性
4	オペアンプを用いた発振回路の作製
5	アクティブフィルタ回路の作製とシミュレーション解析
6	V-F/F-Vコンバータの作製

表 7 実験テーマ (No.5) AF 回路実験の実験スキル評価シート

実験スキル評価シート

分野名 電子回路 学年 4年

4ENo. 名前 後期テーマ9アクティブフィルタ(AF)回路の特性解析と実験ーシミュレーションによる交流動作解析ー 実験テーマ名

項目	スキル	到達目標	Α	В	С	D	自己評価
			優80点	良70点	可60点	不可59点以下	
計画と実施	定、電圧波形測定、シミュ	・入出力電圧を電子電圧 計により測定できる。そし て、オシロスコープにより波 形を測定できる。また、パ ソコンによりシミュレーショ ンができる。	身ら 入出力電圧を電子電 圧計により測定できる。 そして、オシロスコープ により波形を測定でき る。また、パソコンによ りシミュレーションがで きる。	教員等の若干の助言を受けて、入出力電圧を電子 電圧計により測すシをできる。そしより、対形でリコープにより波形がソコープによりによりないによりないによりとコープによりといいできる。	入出力電圧を電測でよりでは 電圧もしてプログログログログログログログログログログログログログログログログログログログ	けても、入田力計な 大田力計ない。 大田方計ない。 大田力力が、 大田力力が 大田力力か	
計画と実施		・AF回路を作製できる。また、パソコンによりプログラムを実行できる。		教員等の <u>若干の</u> 助言を受けて、AF回路を作製できる。また、パソコンによりプログラムを実行できる。	ら、AF回路を作製	教員等の助言を受けても、AF回路を けても、AF回路を 作製 できない 。ま た、パソコンによ りプログラムを実 行 できない。	
機器・器具の 準備と操作	直流電源、 マルチメータ (DC)、 電子電圧計 (AC)、 オシロスコー プ、 パソコン	・直流電源、マルチメータ (DC)、電子電圧計(AC)、 オシロスコープ、パソコンを 操作できる。	Bら リンプ リンプ リンプ リンプ リンプ リンプ リンプ リンプ リンプ リンプ	教員等の<u>若干の</u>助言を受けて、 直流電源、マルチ メータ (DC) 、電子電圧 ド (AC) 、オシロスコー プ、パソコンを操作できる。	言を受けながら、 直流電源、マルチ メータ (DC) 、電 子電圧計 (AC) 、	源、マルチメータ (DC) 、電子電圧 計 (AC) 、オシロ スコープ、パソコ	
結果·分析·考 察	AF回路、利得 (伝達関数)、 シミュレーショ ン	・AF回路、利得(伝達関数)、シミュレーション結果 について説明できる。		教員等の <u>若干の</u> 助言を受けて、自ら考えて、AF回路、ルーブ利得、シミュレーション結果について説明できる。	教員等の詳細な助 言を受けながら、 AF回路、ルーブ利 得、シミュレー ション結果につい て説明できる。	言を受けても、AF 回路、ループ利 得、シミュレー	

【評価水準】 **A** = <u>自ら</u>考えてできる。**B** = 教員、友人の<u>若干の助言を受け</u>、自らできる。**C** = <u>詳細な</u>説明を受け、指示を受けできる。**D** = <u>できない</u>。 **A** 「優」80点相当 **B** 「良」70点相当 **C** 「可」60点相当 **D** 「不可」59点以下相当

表 8 実験スキル評価マークシート

後期9アクティブフィルタ (AF)回路の特性解析と実験 4ENo 氏名 実験名(電気情報工学実験~電子回路編) <平成30年度 4E実験スキル評価シート>

H30

【回答方法】1)評価、回答欄の該当数字のある() 内を鉛筆または黒ベンで、しっかり塗りつぶしてください。(1つ)

2)実験への要望がある場合、Q7に記入してください。

3)この結果の統計は学生に公開します。

【評価基準】A=自ら考えてできる。 B=教員、友人の若干の助賞を受け、自らできる。 C=詳細な説明を受け、指示を受けできる。 D=できない。

(4) 学年(E) 学科 実験テーマ名(後期9アクティブフィルタ(AF)回路の特性解析と実験ーシミュレーションによる交流動作解析ー)

	NO	スキルS 到連目標	優		i, 回 可		P
	日標	入出力電圧測定、電圧波形測定、シミュレーション実験 電子電圧計により入出力電圧(科得)を測定できる。 オシロスコープにより波形を測定できる。パソコンによりシミュレーションができる。 A「優」sock相当 B「月」での点相当 C「可」sock相当 D「不可」sock以下相当	0	(1)	0	0	
12	自標	#回路、シミュレーションプログラム #回路を作製できる。パソコンによりプログラムを実行できる。 A「優」80点相当 B「Д」70点相当 C「可」60点相当 D「不可」60点以下相当	0	()	0	0	
	日標	直流電源、マルテメータ、電子電圧計 (AC) 、オシロスコープ、パソコン 直流電源、マルテメータ (DC) 、電子電圧計 (AC) 、オシロスコープ、パソコンを操作できる。 A「後」sn点相当 B「身」ro点相当 C「町」ino点相当 D『ボ町」sn点以下相当	0	(1)	0	0	
	日標	4F 回路、利得(伝達関数)、シュミレーション 4F 回路、利得(伝達関数)、シュミレーション結果について説明できる。 A「後」80点相当 B「良」70点相当 C「可」80点相当 D『不可」50点以下相当	0	0	0	0	
ė	Q5	このスキル評価シートは、この実験の理解を深めるために効果的でしたか。 ③ 非常に効果的 ④ 効果的 ③ 青通 ⑤ おまり効果的でない ①全く効果的でない	0	0	0	0	0
	06	以上の評価を考慮に入れ、この実験を総合評価するとどうなりますか。 ② 高く評価する ② 評価する② まあまわである ② あまり評価しない、② 全く評価しない	0	0	0	0	0
	07	実験への要望、意見、その他を書け。	0	0	0	0	0

3 本学科での4年学生実験(電子回路)の改善

3.1 概略

著者が担当する本校本学科の電子回路実験テーマを、表 6 (b) に示す。また、MCC 到達目標と電子回路実験テーマの対応を表 6 (a) に示す。

電子回路実験テーマ(No.2)増幅回路の実験は、実験スキル PJ の実験テーマ(No.9)増幅回路と一致している。このように、実験スキル PJ の 12 テーマの中のテーマと、完全に一致するテーマはこの 1 つだけであった。しかしながら、他のテーマも、Lv の指針と比べると、これらの実験のレベルはLv3 に相当する。よって、Lv3 の指針に従い、電子回路実験の実験書、実験スキル評価シートの作成を行った。

3.2 実験書とスキル評価シートの作成

H30 年度は、実験評価スキル PJ の実験書作成のための指針 (レベル 3) に沿って、実験書を大きく改訂した。これは、H30 年度版テキストとして製版されている 6。

次に、作成した実験スキル評価シートの例を表 7 に示す。これは、先の実験スキル PJ で提案された実験スキル評価シート表 4、表 5 では、表が煩雑過ぎ、字が小さく、学生にはわかりにくい。そこで、学生にはレベルはあえて表示しなかった。これは、レベル 123 と、ABCD 評価、54321 評価と混乱するのを避けるためである。

そして、作成した実験スキル評価マークシートの例を表8に示す。このマークシートは、本校の授業評価アンケートを改良し、使用した。このマークシートにより、到達目標の明確化、評価結果の集計時間の改善となる。

到達目標の評価 Q1) ~Q4) においては、評価 A~Dで自己評価する。評価の基準として、A「優」80点相当 B「良」70点相当 C「可」60点相当 D「不可」59点以下相当である。本校の評価と一致させた。本校学生便覧 ⁷⁾ の学業成績の評価基準を表 9に示す。左側の点数、評語、評点に対して、右に、実験スキルを自己評価するための、スキル評価、評価基準を対応させた。

また、新たな質問も加えた。付け加えた新たな質問 Q5) $\sim Q7$) は、以下の通りである。

Q5) このスキル評価シートは、この実験の理解を深めるために効果的でしたか。

Q6)以上のQ1)~Q2)実験スキル評価を考慮に入れ、 この実験の到達目標に対する到達度を、総合的に自 己評価するとどうなりますか。

Q7) 実験への要望、意見、その他を書け。

この Q5)、Q6) は、5 段階評価 5~1 で評価する。 評点 5「優」80 点相当、4「良」70 点相当、3「可」 60 点相当、2「不可」59 点以下相当、1「不可」29 点以下相当である。これは、先の学業成績の評価基 準の表 9 にある。

学生は、実験終了後、実験スキル評価シートで自己評価を A~D で、自己評価欄に記入する。このシートは、自分で保存する。それと合わせて、マークシートに、A~D、5~1 をマークする。そして、実験報告書と実験スキル評価マークシートを提出させる。

H30年度は、実験スキル評価シート、マークシートを配布した。この評価スキルシートを用い、評価を実施した。本論文では、H30年度の結果を次に述べる。H31年度版®からは、実験スキル評価シートも実験書内に印刷した。現在 H31年度(令和元年)も実施中であり、実験スキル評価マークシートのみを配布し、自己評価させ、提出させた。この結果は、来年度に報告予定である。

そして、H31 年度(令和元年)は、電子回路実験に加え、通信工学実験を担当した。この通信工学実験においても、実験スキル評価シートを作成し、評価を実施した。この結果も、来年度に報告予定である。

表 9 本校学生便覧の評価基準 7)

学業成績の点数	評語	評点	スキル 評価	評価基準
80点~100点	優	5	Α	自ら考えできる
70点~79点	良	4	В	教員。友人の若干の指導を受け、 自らできる
60点~69点	可	3	С	詳細な説明、指示を受けてできる。
30点~59点	不可	2	D	できない。
29点以下	不可	1		

3.3 実験の進め方の改善

実験書、実験スキル評価シートの作成に加え、実 験の進め方の改善も行った。まず、実験の事前説明 では、学生に以下の4点を説明した。

- 1) 注意事項(安全第一)。
- 2) 実験の目的。
- 3) 実験スキル評価シート。
- 4) 各実験テーマにおける、特に注意する点、重要な要点
- 5) 学習到達目標に対する到達度評価(実験成績)の決め方。

学科	学年	No	テーマ名
電気情報工学科	4	1	hパラメータ

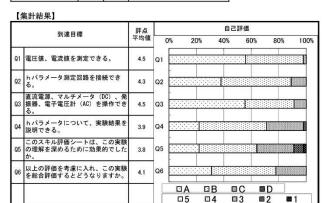


図 1 実験テーマ No. 1 における 実験スキル評価の集計結果

そして、実験方法として、以下の3点を改善した。 1) 実験テーマごとに実験テキスト(Leaning of Volunteer Experiment Textbook; LVE テキスト)を準備する。

- 2) 各実験のなかに予習の項を付け加えた。
- 3) 実験当日の説明、質疑応答を工夫した。

この 1) では、注意事項を学生が書き込む、自発的に行うことができるようにする実験テキストを、実験テーマごとに準備する。そして、予め実験書をよく読むように指導する。

次に、2)では、各実験に、予習項目を付け加え、 実験を行う際の参考になるとともに、実験終了後、 データの取りまとめ、考察の際に、役に立つように した。

さらに、3)では、実験最初の10分程度、前の班の学生が実験の説明を行う。そして、実験始め2時間程度は、学生が実験を行っている所を見守るだけにする。そして、学生の質問には詳しく回答せず、学生各々に考えさせるヒントのみを与えるようにした。

3.4 評価実践と考察

実験テーマ No.1「トランジスタのhパラメータ」について、実験スキル評価シートによる自己評価の集計結果を図1に示す。以下、各到達目標の評価について、結果を述べる。

- Q1)「電圧値、電流値が測定できるか」は、実験テーマ No. 1 について、「A 自らできる」が約 55%、「B 指示を受け自らできる」が約 40%となった。よって、約 95%が、到達目標を自らできると評価した。その評点の平均値は 4.5 となった。
- Q2)「測定回路を接続できるか」、Q3)「測定機器 を操作できるか」は、約90%が到達目標を自らでき

学科	学年	テーマ名	
電気情報工学科	4	総合	

	到達目標	評点	自己評価					評価	i			
	利廷日 保	平均値		0%	20%		10%	60%		80%	100%	
Q1	回路図どおりに実験回路を作成し、 測定できる。	4.4	Q1	:::::	77.77		4					
Q2	測定回路を接続できる。	4.2	Q2									
Q3	測定装置を操作できる。	4.4	Q3									
Q4	実験結果を解析でき、説明できる。	3.9	Q4	3333	-11-1							
Q5	このスキル評価シートは、この実験 の理解を深めるために効果的でした か。	3.7	Q5									
Q6	以上の評価を考慮に入れ、この実験 を総合評価するとどうなりますか。	4.0	Q6	3000								
] [0/		□B □4	0	C	図 D		1	

図2 全実験におけるスキル評価シート の総合集計結果

ると評価した。Q2) 評点平均値 4.3、Q3) 評点平均値 4.5 であった。

- Q4)「hパラメータについて実験結果を説明できるか」は、約70%が到達目標を自らできると評価した。評点平均値は3.9であった。
- Q5)「このスキル評価シートが効果的であるか。」は、評点 4 以上が約 60%となった。評点平均値は 3.8 となった。
- Q6) 総合自己評価は、評点 4 以上が約 80% となった。 評点平均値 4.1 となった。
- Q7) についてもいろいろな意見、感想が述べられた。ここでは、紙面の関係で割愛する。これについては、次回の論文で紹介したいと思う。

以上のように、実験テーマごとに、集計をとった。 この結果により、実験スキルをどのように評価して いるか、実験スキル評価シートが効果的であるかを 知ることができる。

そして、全ての実験 6 テーマの実験スキル評価の集計をとった。その総合集計結果を図 2 に示す。その結果、各到達目標の評価について、Q1)~Q4)を総合すると、約 80%の学生が到達目標を自らできると評価した。その評点の平均値は 4.2 となった。

Q5)「このスキル評価シートが効果的であるか。」では、評点4以上が約60%となった。その評点平均値は3.7となった。Q6)総合自己評価は、評点4以上が約80%となった。その評点平均値4.0となった。

次に、教員と学生の評価の比較を図3に示す。同 図中左側に、教員評価を示す。この教員評価は、実 験成績(点数評価)の平均値から、先の表9評価基 準により、点数評価(100点満点)をスキル評価 ABCDに対応させた。

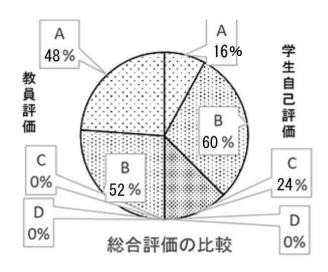


図3 教員と学生の評価の比較

その結果、A、B、C、Dの割合は、それぞれ、48%、52%、0%、0%となった。そして、同図中右側に、学生の自己評価を示す。これは、全実験6テーマの実験スキル評価(AからD)を集計した。そのA、B、C、Dの割合は、それぞれ、16%、60%、24%、0%となった。これより、学生は、教員より低く自己評価していることが分かる。しかし、教員は実験報告書から、実験到達目標に対する学生の到達度評価(実験成績)を決定している。これに対しては、今後検討する。

今度は、学生個人に対する点数評価(100点満点)とスキル評価(ABCD)の対応を調べた。まず、学生個々のQ1)~Q4)を点数化し、全ての実験の平均値をとって、点数評価(100点満点)した。これは、先の表9(評価基準)により、実験スキル評価(ABCD)を点数評価(100点満点)に対応させ、数値化した。その教員と学生の評価の点数比較を、図4に示す。

点数評価の比較では、大きく差が出た評価を以下 に示す。

①の学生;学生評価80.0点、教員評価70.0点、

②の学生;学生評価 71.9 点、教員評価 86.3 点、

③の学生;学生評価 64.1 点、教員評価 70.0 点である。

①では、学生の自己評価に比べ、教員は低く評価している。②は、教員評価の最高得点である。先の総合評価と同様に、点数評価も、学生は、教員より低く自己評価していることが分かる。

次に、その点数比較を評価(ABCD)に換算し、総合評価し、集計した人数を表 10に示す。教員と学生の評価が一致した割合は、51%(45名中23人)であった。ここでも、学生は、教員より低く自己評価している。この結果も、今年度(令和元年)の結

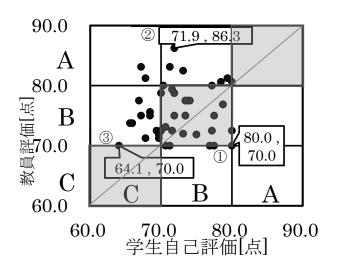


図 4 教員と学生の評価の点数比較

表 10 総合評価人数の比較

	評価	学生の自己評価							
	計画	C	В	Α	計[人]				
教	Α	2	7	1	10				
員	В	11	22	2	35				
評	C	0	0	0	0				
価	計[人]	13	29	3	45				

果と年度比較するなどして、実験スキル評価シート の有効性を高めたい。

4 結論

4.1 実験スキルプロジェクト

本高専電気情報工学科は、実験スキルプロジェクト (実験スキル PJ)「専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発」に連携校として加わった。その成果は、シンポジウム 3) で報告された。その後、本著者は、電気・電子系分野の電気回路実験 2 テーマにおいて、実験書モデルの作成、その実験の評価指標である実験スキルシートの作成に協力した。本論文では、その 2 テーマについて説明した。

4.2 本学科の取り組み

実験スキルPJの方法を、本学科の著者担当電子回路実験に適用した。その評価結果では、教員と学生の実験スキル評価を比較した。その教員と学生との評価が一致した割合は、51%であった。そして、学生は、教員より低く自己評価していた。今後も、継

続的に、実験スキル評価シートを利用する。そして、 年度経過の統計を調べ、さらに実験スキル評価シー トの有効性を高めたい。

4.3 今後の方針

4.3.1 実験スキルPJ

本校担当の電気回路実験2テーマについては、実験スキルPJ開始から3年かけ完成された。その実践は数回行った。さらに実施検証を行い、さらなる改善を行う。

他のテーマにおいても実践を行い、実験書の改訂、 実験スキル評価シートの作成、改良を行う。

4.3.2 本学科実験の改良

本学科では、2 学年から 5 学年まで、84 テーマの 学生実験がある。電子回路実験以外のその他の実験 テーマの実験書の改訂と、実験スキル評価シートの 作成を行いたい。これは、各実験担当の本学科の先 生方に協力を仰ぎたい。とくに、情報系実験につい て、本学科は情報系(実験スキル PJ)に参加してい ないので、実験スキル PJ 情報系の報告を参考に実施 する。

教員と学生の評価の比較では、教員の到達度評価 (実験成績)の妥当性を、今後検討していく。また、 点数評価(100点満点)と実験スキル評価(ABCD)、 評点(54321)の評価基準の比較について、表 9(評価基準)の検証を行っていく。

謝辞

まず、本高専本学科は、本実験スキルPJに、平成27年度から連携して協力している。平成27年担当御園勝秀先生、平成28年度担当野地英樹先生から引き継ぎました。野地先生には引き継ぎの時に大変お世話になりました。

次に、実験スキルPJ電気・電子系分野リーダー鈴木真ノ介先生(小山高専)には全てにわたり親切にご指導頂きました。実験書の校正には、藤原亮先生(函館高専)に大変お世話になりました。指導書作成時には、森田孝先生(函館高専)に有効なご助言を頂きました。

さらに、平成 29 年度に、本プロジェクトから共同 研究費を配分していただいた。その経費で、実験装 置として、デジタル電力計を購入した。

そして、実験スキル評価マークシートの集計には、 本学科事務員の上村衆子様にお手伝いいただきました。

以上、ここに記して、感謝の意を表します。

注

- 1) 本学科では、慣例的に実験指導書と言っている。 実験スキル PJ では、実験書と言う。本論文では、 実験書という名称で統一した。
- 2) 学生に身につけさせる、学ぶべき到達目標。

参考文献

- 1) 高専機構改革推進本部:モデルコアカリキュラム (試案), http://www.kosen-k.go.jp/documents / mcc 2017 1128.pdf
- 2) 三井聡ら6名:「高専機構におけるモデルコアカリキュラムに対する質保証⑥—実験実習の評価指標の策定と評価実践—」,第64回年次大会,平成28年度工学教育研究講演会講演論文集,pp.446-447,2016
- 3) 高専機構改革推進本部プロジェクト (実験スキル プロジェクト):「分野別工学実験・実習能力およ び実質化に関する評価指標の開発」および「分野 横断的能力に関するアセスメント評価モデルの 構築」合同シンポジウム報告書.2018
- 4) 高専機構改革推進本部:モデルコアカリキュラム改訂版, https://www.kosen-k.go.jp /about /profile /main super kosen.html
- 5) 矢島ら6名:「高専機構のモデルコアカリキュラムに対する質保証④—組み込み技術に関する実験系スキルシートの開発—」,第62回年次大会、平成26年度工学教育研究講演会講演論文集,pp.296-297,2014
- 6) 白濵正尋,小森雅和,永野孝: 4年電気情報工学実 験指導書,2018
- 7) 本校学生便覧:第3章 学業成績の評価(評語および評点)第14条,pp.96-97,2019
- 8) 白濵正尋,小森雅和,永野孝: 4年電気情報工学実 験指導書,2019

都城工業高等専門学校 研究報告第 54 号

令和2年1月印刷 令和2年1月発行

編集兼発行者:独立行政法人国立高等専門学校機構 都城工業高等専門学校

郵便番号:885-8567

所在地:宮崎県都城市吉尾町 473 番地の1

National Institute of Technology(KOSEN), Miyakonojo College ADDRESS:473-1 Yoshio-cho, Miyakonojo City,

Miyazaki Prefecture, Japan 885-8567

TEL (0986) 47-1109 FAX (0986) 47-1111

Research Report of National Institute of Technology (KOSEN), Miyakonojo College

No.54

2020

Contents

Research Papers;
• Usages of Macro of C Programming Language such as Prefix Style Operator
·······Hirofumi NAKAMURA and Takayasu FUCHIDA······ 1
• A Consideration of STDP Learning of Excitatory and Inhibitory Synapse • Masakazu KOMORI • • • • 10
• Extraction of Cu(II) into the Ion Gel Particles Containing LIX84-I
·····Shiro KIYOYAMA, Koichiro SHIOMORI, Takayuki TAKEI and Masahiro YOSHIDA·····19
· Current State of Intellectual Property Rights in Thailand· · · · · · · Senshu YOSHII · · · · · 25
Educational Papers;
• Improvement of Experiments for Electrical and Computer Engineering using Experiment Skill Sheet
Part1. Electronic Circuits Experiments······Masahiro SHIRAHAMA·····32
